

BAC

Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano

Editado por:

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



CENTRO DE INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S.C.



CICIMAR



CONACYT

B A C

**Centros de Actividad Biológica
del Pacífico mexicano**

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

Editores



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

Diseño gráfico: Edgar Yuen Sánchez.

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

Diseño de portada: Gerardo Rafael Hernández García.

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

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

QH 541.5.S32B 2000

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

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

D.R. © 2000

Derechos reservados conforme a la ley

Primera edición

Impreso y hecho en México

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

AGRADECIMIENTOS

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

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

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

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

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

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

CONTENIDO

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

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

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

PRÓLOGO

Prof. W.S. Wooster

School of Marine Affairs, University of Washington

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

15

LAS POBLACIONES DE ALMEJA CATARINA *Argopecten ventricosus* EN EL CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE BAHÍA MAGDALENA, MÉXICO

Alfonso N. Maeda-Martínez^{1, 2}, María Teresa Sicard¹, Liliانا Carvalho¹,
Salvador E. Lluch-Cota¹ & Daniel B. Lluch-Cota¹

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Apartado Postal 128. La Paz, B.C.S., México 23000. E-mail: amaeda@cibnor.mx ²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Apartado Postal 1735. Hermosillo, Son. México 83000

RESUMEN

En el presente trabajo se analizó el estado actual de las poblaciones de almeja catarina (*Argopecten ventricosus*) en el Centro de Actividad Biológica (BAC) de Bahía Magdalena, a través de la actualización, con datos de los 1990s, de un modelo planteado en 1993, que explica la formación de bancos de almeja catarina basándose en las fluctuaciones térmicas, la pesquería, el reclutamiento de juveniles, la presencia y/o abundancia de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) y la presencia de pastizales marinos. Los resultados indican que el modelo es consistente con sus postulados. Adicionalmente se encontró que el cultivo de la almeja catarina en el BAC, contribuye a la formación de bancos someros de almeja catarina, siempre y cuando la temperatura permita el desarrollo de pastizales donde las larvas se fijen y obtengan el refugio necesario contra los depredadores.

Palabras clave: Almeja catarina, Reclutamiento, Pesquerías, Langostilla, Pasto marino.

ABSTRACT

In the present work, the validity of the model to explain the formation of catarina scallop populations in the Biological Activity Center of Bahia Magdalena (BAC) published in 1993, was assessed with data from the last decade. Temperature fluctuations, fishery landings, spat recruitment, and the occurrence of red crab *Pleuroncodes planipes* and sea grass beds in the bay during the 90's, were considered for the analysis. Results indicate that the model is

consistent with its postulates. Additionally it was found that that the catarina scallop aquaculture in the BAC, contributes to the formation of shallow scallop stocks during prolonged cold events, since the large sea grass beds serve as primary substrate for larval recruitment and shelter against predators for the resulting spat and adult scallops.

Key words: Catarina scallop, Recruitment, Fishery, Red crab, Seagrass.

INTRODUCCIÓN

En el Centro de Actividad Biológica (BAC) de Bahía Magdalena existen 24 especies de moluscos pectínidos (Keen, 1979). De éstas, las almejas mano de león (*Nodipecten subnodosus*), la almeja voladora (*Pecten vogdesi*) y la almeja catarina (*Argopecten ventricosus*) son las que alcanzan mayor talla y valor comercial, y en consecuencia han recibido una mayor atención científica. Las almejas mano de león y la voladora no forman bancos en este sitio y solamente se sabe de su existencia por la ocurrencia ocasional de juveniles que se reclutan en colectores artificiales instalados para captar semillas de moluscos. Sin embargo, la presencia de almeja catarina en el BAC es constante y ha traído muchos beneficios económicos para México, pero su abundancia al ser extremadamente variable, ha creado serios problemas sociales en el estado de Baja California Sur a lo largo de las dos últimas décadas. Cuando la almeja catarina es abundante, miles de personas de este estado y del noroeste de México se dedican a su explotación, porque representa una de las pocas oportunidades de tener ingresos económicos importantes. Dependiendo del tamaño del banco, la explotación puede durar desde unos pocos meses hasta un máximo de ocho meses, que es el tiempo que permiten las vedas. Debido a ello, los pescadores cambian de especie a explotar y muchos obreros y jornaleros dedicados a la agricultura o a otras actividades, abandonan sus trabajos para dedicarse a la explotación de la almeja. El método de extracción es por buceo semiautónomo, donde el aire para el buzo es suministrado por medio de un compresor de gasolina instalado sobre la borda de una embarcación de 7.5 m de eslora. Este método de extracción exige una división del trabajo bien definida, que incluye al buzo, al javero (quien se encarga de asistir al buzo de operar el compresor y de sacar a la borda las almejas colectadas por el buzo en una red), y a los matadores (los cuales son los encargados de bajar las almejas de la lancha y de desconchar las almejas para extraer el músculo o “callo”). El sitio donde se establece el campo pesquero para hacer el desconche, depende de la ubicación del banco de almejas en el mar. En estos campos, se construyen plantas de desconche provisionales con piso de concreto y se instala un pueblo completo de casas de material ligero sin servicios básicos, cuyo acceso es por terracerías alejadas de los núcleos de población, que dificulta el suministro de agua y alimentos. Los subproductos de la almeja incluyen las conchas, los mantos y gónadas. Estos son desechados a cielo abierto, trayendo como consecuencia la proliferación de insectos y el deterioro ambiental. Recientemente, las autoridades están exigiendo que los subproductos sean colocados en fosas

cavadas *ex profeso*, pero aún así, persiste la contaminación del ambiente. Cuando la extracción concluye, los campos pesqueros son dejados en condiciones deplorables y las personas quedan sin trabajo o regresan a sus actividades habituales percibiendo salarios muy bajos. Las soluciones a estos problemas están en la mejor comprensión del fenómeno pesquero por parte de los pescadores y de las autoridades, en la posible predicción de la formación de macropoblaciones, y en el desarrollo de la acuicultura de esta especie como una alternativa para amortiguar el impacto de la gran variabilidad de la pesquería.

La abundancia de esta especie, estimada por datos oficiales de explotación y no por censos poblacionales, indican que de 1981 a 1988, la producción fue de 9.6 t anuales en promedio, a partir de una población aproximada de 1.6 millones de organismos (6 g por callo) en el BAC. Sin embargo, durante los años de 1989 y 1990 se produjeron más de 2,500 toneladas de músculos por año a partir de 416 millones de organismos. Ésto motivó la realización de una investigación (Maeda-Martínez *et al.*, 1993), donde se describe un modelo que explica las posibles causas de esa variabilidad poblacional, empleando información de la década de los 1980s. Para desarrollar el modelo, fue necesario analizar la información de algunos estudios disponibles sobre la especie incluyendo la biología, la ecología, los periodos de reproducción de la población, la depredación, la pesquería, etc. Este modelo propone que la formación de los grandes bancos de almejas en el BAC, está condicionada a la ocurrencia de un periodo anormalmente frío, tomando como evidencia principal la coincidencia entre la producción masiva de callos ocurrida en 1989 y 1990, con las anomalías térmicas mas bajas de los años previos (1988 y 1989).

Existen muchos estudios que demuestran la influencia determinante del clima sobre las capturas de otros recursos pesqueros. Por ejemplo, durante la fase cálida del ENSO suelen presentarse elevadas capturas de camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) en la costa occidental de la península. Aunque se trata de un área de pesca tradicional del recurso, durante El Niño la captura llega a ser superior a la acostumbrada en esta región, más aún considerando que se trata del límite boreal de distribución de la especie (Lluch-Cota *et al.*, 1999). En la misma zona, la sardina (*Sardinops sagax*) puede experimentar un corrimiento de sus poblaciones hacia el norte durante El Niño. En el Golfo de California, esta misma especie reduce significativamente su movimiento estacional a lo largo de las costas de Sonora y Sinaloa, y la mayor parte de la población permanece en la región de las Grandes Islas donde las surgencias locales permiten condiciones comparativamente frías (Badán *et al.*, 1985; Lluch-Belda *et al.*, 1986). En contraste, la sardina crinuda (*Ophistonema* spp.) compuesta por un conjunto de especies de afinidad tropical, extiende su distribución hacia el norte, incrementando su presencia en las zonas de pesca de Sonora y Sinaloa, lo que se refleja en las capturas así como en los rendimientos (Lluch-Belda *et al.*, 1986; Ruíz-Luna, 1995).

En el caso de la almeja catarina, no fue sino hasta la publicación del modelo en 1993, cuando se empezaron a entender las posibles causas de su gran variabilidad poblacional. Sin embargo, en dicho modelo quedaron algunas

interrogantes que requieren ser confirmadas. En el presente trabajo se analiza el modelo con eventos ocurridos en el BAC durante la década de los 1990s. Para ello se empleó información sobre los volúmenes de producción de callos, las anomalías térmicas y el reclutamiento natural de juveniles. Para hacer más claro el análisis, se transcribe enseguida un resumen del modelo.

El factor más importante en que se sustenta el modelo, es la existencia probada de un banco de almeja catarina autosostenible en la plataforma continental de Baja California entre los paralelos 25 y 27 °N y entre 13 y 180 m de profundidad. El tamaño de esta población no se conoce y por su importancia, merece ser estudiada. Las condiciones de temperatura que prevalecen en la plataforma continental donde habitan estas poblaciones, varían dentro de los rangos tolerables por la especie (Sicard *et al.*, 1999) y la nutrición de las mismas está garantizada por la capacidad exportadora de plancton del BAC. Gracias a los registros de captación de semillas en el BAC, se conoce que el desove del banco de almejas de la plataforma continental ocurre entre marzo y abril de cada año cuando la temperatura declina, dos o tres meses después de alcanzada la temperatura máxima anual del agua.

Las larvas resultantes pueden generar tres poblaciones distintas dependiendo de la deriva larval producida por los vientos, y de la influencia de otros factores como se explica mas adelante. Una de ellas se establece en la misma plataforma continental, la otra en las zonas someras del BAC y la última en las zonas profundas de esta bahía.

Si la deriva larval es baja, como ocurre en eventos cálidos (Fig. 1A), las larvas contribuirán al mantenimiento de la población de la plataforma continental fijándose a rocas, conchas de moluscos o al cefalotorax y apéndices de la langostilla (*Pleuroncodes planipes*), la cual es un crustáceo pelágico abundante, ampliamente distribuido en la plataforma continental frente al BAC. Debido a las altas temperaturas en el BAC, la langostilla permanecerá en la plataforma continental donde las semillas de almeja serán liberadas, contribuyendo así al mantenimiento de la población externa. La probabilidad de supervivencia de estas almejas es alta gracias a la baja depredación, temperatura adecuada y la disponibilidad de alimento. Sin embargo, es muy probable que aquellas larvas que lleguen a penetrar al BAC, no encuentren substratos donde fijarse y mueran.

En eventos fríos (Fig. 1B), los vientos son mas fuertes que en años cálidos (Maeda-Martínez *et al.*, 1993) y, en consecuencia, se incrementa la cantidad de larvas que penetran al BAC. Las larvas que darán lugar a las poblaciones someras, se fijarán al pasto marino el cual prolifera en la zona fótica gracias a la alta concentración de nutrientes y a la baja temperatura del agua. *Zoostera marina*, la especie dominante en los pastizales del BAC, tiene una termotolerancia superior de 25 °C (Evans *et al.*, 1986; Marsh *et al.*, 1986; Zimmerman *et al.*, 1989). Dependiendo de la densidad del pastizal, será la supervivencia de las almejas hasta la talla comercial, ya que éste constituye el refugio de las almejas contra depredadores que abundan en las zonas someras del BAC (Maeda *et al.*, 1992). Las poblaciones que se formen a través de este

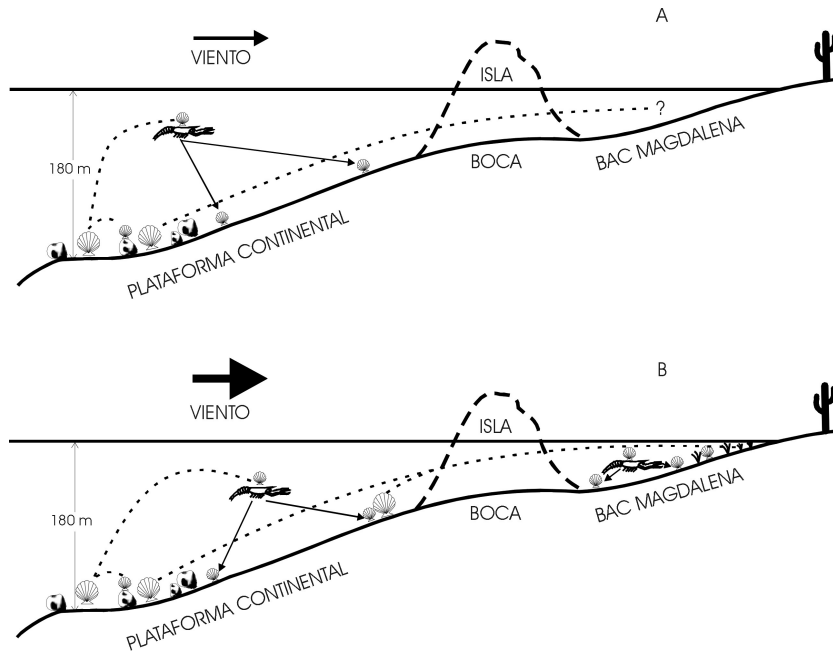


Figura 1. Modelo que explica la formación de los bancos de almeja catarina (*Argopecten ventricosus*), en el Centro de Actividad Biológica de Bahía Magdalena, durante un evento cálido (A) y uno extremadamente frío (B). El grosor de la flecha denota la intensidad del viento.

mecanismo, son quizás las que estén produciendo las capturas no extraordinarias de la Figura 2.

Por otra parte, los bancos de almeja catarina de las zonas profundas del BAC, resultan de un mecanismo diferente. En años extremadamente fríos, las larvas resultantes de la población de la plataforma continental que se lleguen a asentar sobre la langostilla, crecerán y viajarán sobre ella al interior del BAC (Fig. 1B), hasta donde se encuentre la isoterma 16 °C, la cual impone el límite de su distribución (Aurioles-Gamboa, 1992). En virtud de que la isoterma 16 °C solamente se ha registrado en las zonas profundas del BAC entre las islas Margarita y Magdalena, es hasta ese sitio donde ocurrirá la liberación de los juveniles. El número de juveniles liberados, estará en función del tiempo de residencia de la langostilla dentro del BAC. Un ejemplo de este tipo de población, es la que se explotó en "El Blanquizcal" durante 1989 y 1990 frente a la isla Magdalena a 20-30 m de profundidad. En los años previos (1988-1989) la isoterma 16°C se registró en el interior de la bahía durante dos o tres meses (Hernández *et al.*, 1992) y por lo tanto, el tiempo probable de residencia de la langostilla fue de cuando menos ese tiempo. La presencia de langostilla en el interior del BAC ha sido estudiada por Aurioles-Gamboa *et al.* (1994). Estas poblaciones dieron lugar a los bancos naturales de almeja mas grandes que se hayan explotado en México. Debido a la alta profundidad en que se encontraba el banco, se registraron decesos e incidentes de buzos descompresionados.

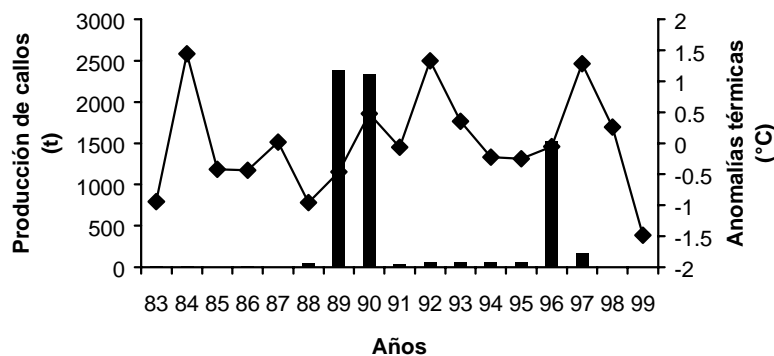


Figura 2. Producción de callos de almeja catarina (*Argopecten ventricosus*) (columnas), y anomalías térmicas (línea) registradas en el Centro de Actividad Biológica de Bahía Magdalena de 1983 a 1999. Las anomalías térmicas fueron calculadas a partir de la base de datos Reynolds (Reynolds y Smith, 1994), como la diferencia entre cada valor mensual y el valor correspondiente del ciclo anual promedio (1983-1999).

Validación del modelo con información de la década de los 1990s

En el periodo comprendido entre 1991 y 1999, se registró un solo evento de producción masiva de callos de almeja (1996; Fig. 2) en Bahía Almejas ubicada en la porción sur del BAC, con 1,522 t de callos provenientes de 253 millones de individuos, a un peso por callo de 6 g. Las poblaciones explotadas fueron del tipo somero, las cuales se ubicaron en los bancos de “El Muerto”, “La Concha” y “El Cuervo” frente al poblado Puerto Chale, a una profundidad máxima de 13 metros (J. Hernández com. pers.). Este evento, ocurrió dos años después de que inició un periodo de enfriamiento de 1994 a 1996 (Fig. 2), lo cual no concuerda con el modelo propuesto, que establece que la macropoblación debe aparecer al año siguiente del inicio el evento frío. La posible explicación de la nula formación de macropoblaciones en 1995, (lo cual es también aplicable al periodo frío 1985-1987; Fig. 2), es que en esos eventos la temperatura del agua fue baja pero no lo suficientemente fría como para permitir la inmigración de la langostilla al BAC, la cual se distribuye a temperaturas inferiores a 16 °C. En 1985, 1986, 1987 y 1995, las poblaciones que se formaron fueron del tipo somero, dando producciones que variaron entre 1.2 y 57.8 t.

Por lo tanto, para explicar la formación de la población explotada en 1996, se requiere analizar otros factores como el efecto de las poblaciones cultivadas de almeja catarina sobre el reclutamiento de semillas silvestres y la ubicación de los bancos de almeja. Desde 1987, se viene realizando investigación para desarrollar el cultivo de almeja catarina en el BAC, y particularmente en el estero Rancho Bueno localizado en su extremo sur. Se ha evaluado el cultivo de la almeja en suspensión (Maeda-Martínez et al., 1997) y se ha desarrollado un nuevo sistema de cultivo (Maeda & Ormart, 1995), el cual fue evaluado a nivel comercial en 1995 (Maeda-Martínez et al., 2000). Durante ese tiempo, se han

llevado registros del reclutamiento de juveniles de almeja catarina, colocando sistemáticamente colectores de semillas. Los resultados (Fig. 3) muestran que durante 1992, el reclutamiento fue el más bajo registrado a la fecha, posiblemente debido al fenómeno del El Niño, cuando ocurrió una disminución del 26 % en la velocidad promedio del viento que limitó la inmigración de las larvas provenientes de los bancos de almeja de la plataforma continental hacia el BAC (Maeda-Martínez *et al.*, 1993). En 1993 y 1994, la colecta de semillas se incrementó a 1,000 y 700 semillas/colector respectivamente, limitándose el periodo de colecta a solamente dos meses: marzo y abril. Sin embargo, en 1995 ocurrió un reclutamiento sin precedentes de 23,000 semillas/colector, el cual ocurrió en el mes de enero y se extendió al menos hasta junio de ese año ya que no se colocaron colectores en los meses siguientes. El alto reclutamiento se atribuye a los desoves de los 5 millones de almejas adultas que cultivaba una empresa en el estero Rancho Bueno, empleando el nuevo sistema de cultivo mencionado. Ese año, la empresa cosechó 21 t de callos provenientes de los 3.5 millones de almejas cultivadas sobrevivientes, la cual equivalió al 36% de la producción de callos en el BAC en 1995. El efecto del incremento en las poblaciones cultivadas sobre el reclutamiento de juveniles, esta bien documentada en *Patinopecten yessoensis* (Ito, 1991).

A pesar de que la dirección del viento dominante en el BAC es noroeste y de que éste tiende a mantener las larvas en el mismo cuerpo de agua, la dispersión de las larvas provenientes de la población cultivada en Rancho Bueno en 1995, pudo ocurrir, aunque de manera limitada, en dirección opuesta por el reflujo de la corriente de mareas. Durante el periodo frío 1994-1996, los pastizales de *Zoostera marina* estuvieron presentes (A. Maeda com. pers.), los cuales pudieron servir de sustrato de fijación para las larvas y de refugio a las almejas resultantes, ocurriendo de esta manera la formación de los bancos explotados en 1996 en las zonas someras. Estos bancos se localizaron a solamente 12 km al norte del estero Rancho Bueno.

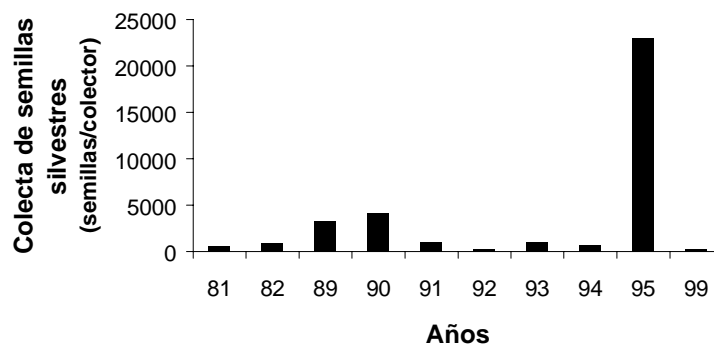


Figura 3. Eficiencia máxima anual de captación de semillas silvestres de almeja catarina (*Argopecten ventricosus*), en el Centro de Actividad Biológica de Bahía Magdalena de 1981 a 1999. Los datos de captación a partir de 1991, se obtuvieron del estero Rancho Bueno y el resto en Tripp-Quezada, 1985 y Félix-Pico *et al.*, 1991.

Con estos datos recientes, se puede concluir que el modelo planteado en 1993, es consistente con sus postulados, y que el cultivo de la almeja puede contribuir a la formación de bancos someros de almeja catarina, si existen las condiciones de temperatura que permitan la proliferación de pastizales donde las larvas se fijen y obtengan el refugio necesario contra los depredadores. No obstante, aún es necesario confirmar el modelo durante otro evento extremadamente frío como el de 1988-1989, el cual es probable que ocurra a partir de 1999, ya que ese año se registraron anomalías térmicas negativas incluso mayores que las de 1988-1989 (Fig. 2). También es necesario concluir el estudio de variabilidad genética de poblaciones de almeja catarina (Maeda-Martínez *et al.*, 1999), el cual fue iniciado en 1998 para comprobar la estrecha relación filogenética, que se especula existe entre las poblaciones de la plataforma continental con las del BAC, en contraste con ocho poblaciones de la costa del Pacífico y del Golfo de California incluyendo una de Guayaquil, Ecuador.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los M. en C. Esteban Félix Pico y Germán Ponce del CICIMAR y CIBNOR respectivamente, y a los señores Carlos Aceves García y Biól. José Hernández Lizardi de la Delegación Federal de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca en B.C.S., por proporcionar la información sobre las capturas y la ubicación de los bancos de almeja catarina. El Ing. Alfonso Aguilar del CIAD, A.C. dibujó la Figura 1. Finalmente se agradece al Téc. Pablo Ormart Castro y a la empresa Cultivos Técnicos del Mar Sudcaliforniano S.A. de C.V. por proporcionar la información sobre la colecta de semillas silvestres en el estero Rancho Bueno, B.C.S.

BIBLIOGRAFÍA

- Auriolles-Gamboa, D. 1992. Inshore-offshore movements of pelagic redcrabs *Pleuroncodes planipes* (Decapoda, Anomura, Galatheididae) off the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico. Crustaceana, 62: 71-84.
- Auriolles-Gamboa, D., M.I. Castro-González & R. Pérez-Flores. 1994. Annual mass strandings of pelagic red crabs (*Pleuroncodes planipes*; crustacea: anomura: galatheididae) in Bahía Magdalena Baja California Sur, México. Fishery Bulletin, 92 (2): 464-470.
- Badán, D.A., C.J. Koblinsky & T. Baumgartner 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. Oceanol. Acta, 8(1): 13-22.
- Evans, A.S., K.L. Webb & P.A. Penhale. 1986. Photosynthetic temperature acclimation in two coexisting seagrasses, *Zostera marina* L. and *Ruppia maritima* L. Aquat. Bot., 24: 185-197
- Félix-Pico, E.F., J. Amador-Buenrostro, G. Bojorquez-Verástica, J. Morales-Hernández & G. López-García. 1991. New record of pectinid spat (*Argopecten circularis*) on artificial collectors in Bahías Concepción and

- Magdalena, B.C.S., México. En: Memoirs of the 8th International Pectinid Workshop, Cherbourg, France. 12p.
- Ito, H. 1991. Japan, 1017-1055. En: Shumway, S.E. (Ed.). Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture. Elsevier.
- Lluch-Belda, D., F.J. Magallón & R.A. Schwartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: Possible causes. CalCOFI Rep. 27:136-140.
- Lluch-Cota, D.B., D. Lluch-Belda, S.E. Lluch-Cota, J. López-Martínez, M. Nevárez-Martínez, G. Ponce-Díaz, C. Salinas-Zavala, A. Vega-Velazquez, J.R. Lara-Lara, 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. SG-UNAM-IAI-SEP/CONACyT, México, D.F.
- Maeda-Martínez, A.N., P. Ormart, V. Polo, T. Reynoso, P. Monsalvo, S. Avila & M. Espinosa. 1992. The potential predator impact, on bottom cultured Mexican Catarina Scallops (*Argopecten circularis*). Aquaculture '92 Conference and Exposition, Orlando Florida, May 21-25. Book of Abstracts 53p.
- Maeda-Martínez, A.N., T. Reynoso-Granados, F. Solís-Marín, A. Leija-Tristán, D. Auriolles-Gamboa, C. Salinas-Zavala, D. Lluch-Cota & P. Ormart-Castro. 1993. A model to explain the formation of catarina scallop (*Argopecten circularis*) beds in Magdalena Bay, Mexico. Aquac. & Fish. Management. 24: 323-339.
- Maeda-Martínez, A.N. & P. Ormart. 1995. Sistema marino para crecimiento y engorda hasta la fase adulta de almeja catarina. Patente otorgada por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial a favor del CIBNOR No. 180211.
- Maeda-Martínez, A.N., T. Reynoso-Granados, P. Monsalvo-Spencer, M.T. Sicard, J.M. Mazón-Suástegui, O. Hernández, E. Segovia & R. Morales. 1997. Suspension culture of catarina scallop *Argopecten ventricosus* (= *circularis*) (Sowerby II, 1842), in Bahia Magdalena, Mexico, at different densities. Aquaculture. 158: 235-246.
- Maeda-Martínez, A.N., N. Hernández-Saavedra, E. Balart-Páez, E. Amador-Silva, A. Sierra-Beltrán & D. Rojas. 1999. Variabilidad genética de las poblaciones naturales de almeja catarina (*Argopecten ventricosus*=*circularis* Sowerby II, 1842). Informe final. Proyecto CONABIO L226, 20p.
- Maeda-Martínez, A.N., P. Ormart, L. Mendez, B. Acosta & M.T. Sicard. 2000. Scallop growout using a new bottom-culture system. Aquaculture. 189:73-84
- Marsh, J.A., W.C. Dennison, & R.S. Alberte. 1986. Effects of temperature on photosynthesis and respiration in eelgrass (*Zostera marina* L.). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 101: 257-267

- Reynolds, R.W. & T.M. Smith. 1994. Improved global sea surface temperature analyses using optimum interpolation. J. Climate. 7: 929-948.
- Ruíz-Luna, A. 1995. Comparación de modelos globales con un modelo empírico para la evaluación de la producción pesquera de la sardina crinuda *Ophistonema* spp. Ciencias del Mar U.A.S. 14:26-31.
- Sicard, M.T., A.N. Maeda-Martínez, P. Ormart, T. Reynoso-Granados & L. Carvalho. 1999. Optimum temperature for growth in the catarina scallop (*Argopecten ventricosus*- *circularis*, Sowerby II, 1842). J. Shellfish Res. 18: 383-390.
- Tripp-Quezada, A. 1985. Explotación y cultivo de la almeja catarina (*Argopecten circularis*) en Baja California Sur. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar. I.P.N., La Paz, B.C.S., Mexico 164 pp.
- Zimmerman, R.C., R.D. Smith & R.S. Alberte. 1989. Thermal acclimation and whole plant carbon balance in *Zostera marina* L. (eelgrass). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 130: 93-109.