

**ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DEL
MACROBENTOS EN BAHÍA FALSA, MÉXICO, RELACIONADAS CON
EL CULTIVO DE *Crassostrea gigas***

**ALTERATIONS IN THE STRUCTURE OF THE MACROBENTHIC
COMMUNITY AT BAHÍA FALSA, MEXICO, RELATED TO THE
CULTURE OF *Crassostrea gigas***

Guillermo Villarreal

Facultad de Ciencias Marinas
Universidad Autónoma de Baja California
Apartado postal 453
Ensenada
Baja California
México

Recibido en diciembre de 1993; aceptado en mayo de 1995

RESUMEN

Se evalúan los cambios inducidos en las comunidades del macrobentos por el cultivo de ostión localizado en bahía Falsa, Baja California, como un paso para la comprensión del estado actual del sistema ecológico que pueda servir como base para establecer medidas de administración racional del área. El estudio se realizó entre 1987 y 1990. En cada visita se llevó a cabo un muestreo formando una red de 15 estaciones que cubre todo el campo muestral. Los datos obtenidos se procesaron para separar las comunidades, con el método de componentes principales, y se obtuvo un índice de valor biológico. Los resultados de este estudio indican que la comunidad, en general, y la pradera de *Zostera marina*, en particular, no muestran síntomas de alteración y que es similar a la reportada en su parte de anélidos hace 3 y 21 años. Únicamente la zona directamente en relación con las instalaciones de cultivo muestra eutroficación marcada y una comunidad característica de zonas con contaminación orgánica.

Palabras clave: *Crassostrea gigas*, bahía de San Quintín, macrobentos.

ABSTRACT

The changes in macrobenthic communities in Bahía Falsa, Baja California, induced by an oyster culture are evaluated, in order to understand the actual status of the ecological system and provide the basis for a future management in the area. The study was conducted between 1987 and 1990 in a 15-point grid covering the lagoon. Data obtained were processed for community ordination by a principal components method, and a biological value index was also obtained. The results indicate that the community, in general, and the *Zostera marina* meadow, in particular, do not show symptoms of alteration and that the annelid community composition is similar to that reported 3 and 21 years ago. Only the area directly associated with the culture installations shows marked eutrophication and a community characteristic of organically polluted areas.

Key words: *Crassostrea gigas*, San Quintín Bay, macrobenthos.

INTRODUCCIÓN

La región californiana posee varias lagunas costeras que se extienden desde California central (EUA) hasta Baja California (México). La mayoría de éstas sufren de un fuerte impacto por las actividades humanas y sus comunidades bióticas viven en ambientes modificados (Zedler *et al.*, 1992). En la porción mexicana el impacto ha sido menor; sin embargo, en tiempos recientes el crecimiento de la población y el desarrollo económico han promovido varios cambios en zonas costeras (Calderón-Aguilera, 1992).

Bahía Falsa, en el extremo sur de esta región, es una de las lagunas donde el impacto humano había sido moderado hasta hace unos años. Sin embargo, desde 1986 ha existido preocupación por el posible declinamiento en la producción del cultivo atribuible al enriquecimiento de la materia orgánica en el fondo (Villarreal-Chávez, 1993). Cho y Park (1983) discuten casos de cultivos de ostión en Corea que fracasaron por la eutroficación, y Escofet (1989) afirma que la calidad del agua es el parámetro más importante en el mantenimiento de un cultivo de ostión en la bahía Falsa. Por tanto, se consideró importante evaluar los cambios inducidos en el sistema ecológico del macrobentos por el cultivo, como un paso para la comprensión del estado actual del sistema ecológico que pueda servir como base para establecer medidas de administración racional del área.

ÁREA DE ESTUDIO

La bahía Falsa (fig. 1) está localizada en la costa noroccidental de la península de Baja California, entre los 30°24' y 30°30'N y los 115°57' y 116°01'O. Tiene un área de 38.12 km² y se comunica al mar por un canal estrecho de aproximadamente 400 m de amplitud; mide 7 km de largo y 2 km de ancho, en promedio. El canal de mareas principal se encuentra en el lado este, con una profundidad máxima de 15 m. La mayor parte de la bahía posee profundidades menores a 2 m y el bajo central, que representa el 40% del área total, queda en expuesto durante las mareas más bajas.

INTRODUCTION

The Californian region has several coastal lagoons that extend from central California (USA) to Baja California (Mexico). Most are strongly affected by human activities and their biotic communities live in modified environments (Zedler *et al.*, 1992). The impact has not been as strong in the Mexican portion. However, the recent growth in population and economic development have brought about several changes in coastal areas (Calderón-Aguilera, 1992).

Bahía Falsa, in the southernmost part of this region, is one of the lagoons where human impact had been moderate until a few years ago. However, since 1986 there has been concern for the possible decline in culture production attributed to the enrichment of organic matter on the sea bottom (Villarreal-Chávez, 1993). Cho and Park (1983) discuss cases of oyster culture in Korea that have failed due to eutrophication, and Escofet (1989) reports that water quality is the most important parameter in the maintenance of an oyster culture at Bahía Falsa. It was thus considered important to evaluate the changes induced in the ecological system of the macrobenthos by the culture, in order to understand the present state of the ecological system that may serve as a basis to establish measures for the future management of the area.

STUDY AREA

Bahía Falsa (fig. 1) is located on the northwestern coast of the peninsula of Baja California (30°24'-30°30'N, 115°57'-116°01'W). It has an area of 38.12 km² and communicates with the sea through a narrow, approximately 400-m wide channel. It has an average length of 7 km and width of 2 km. The main tidal channel is found on the eastern side and has a maximum depth of 15 m. Most of the bay has depths of less than 2 m and the central flat, which represents 40% of the total area, is exposed during the lowest tides.

Bahía Falsa is part of Bahía de San Quintín. This system can be considered a

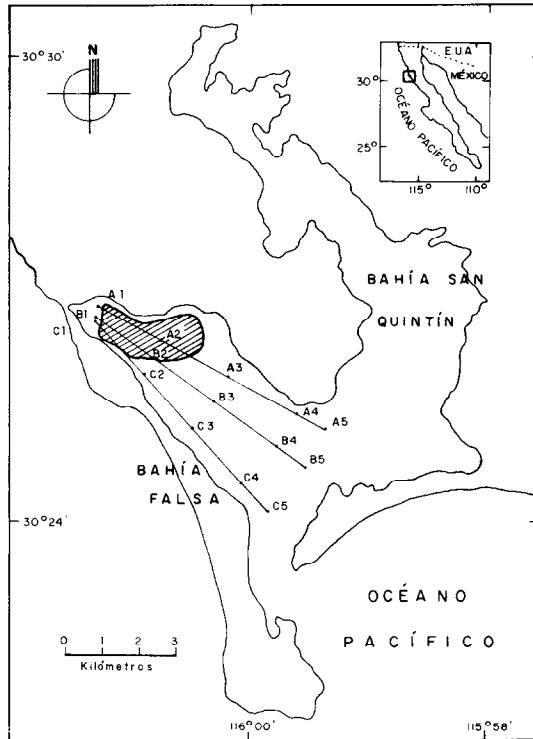


Figura 1. Localización de la bahía de San Quintín.
Figure 1. Location of San Quintín Bay.

La bahía Falsa es parte de la bahía de San Quintín. Ésta forma un sistema que se puede considerar laguna costera, según los criterios de Lankford (1977), pues constituye una masa de agua separada del océano por barras arenosas geológicamente similares a las de cualquier laguna costera. Sin embargo, la presencia de conos volcánicos en una de las barras y la casi completa desconexión con corrientes de agua dulce la hacen diferente a lo común en este tipo de sistemas. Más información del área puede consultarse en el trabajo de Villarreal-Chávez (1993).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo 38 salidas entre septiembre de 1987 y octubre de 1990; en cada visita se llevó a cabo un muestreo en 15 puntos, los que se distribuyeron formando una red de

coastal lagoon, according to the criteria of Lankford (1977), since it constitutes a water mass separated from the ocean by sand bars that are geologically similar to those of any coastal lagoon. However, the presence of volcanic cones on one of the bars and the almost total lack of fresh water input make it different from the normal in this type of system. Further information on the area may be found in the work of Villarreal-Chávez (1993).

MATERIAL AND METHODS

Thirty-eight trips were made between September 1987 and October 1990. During each visit, samples were obtained from a 15-point grid of stations that covers the lagoon. The sampling unit consisted of three replicates found in a 5-m circle around the sampling point.

estaciones que cubre todo el campo muestral. La unidad muestral fue formada por tres réplicas que se localizaron en un círculo de 5 m alrededor del punto de muestreo.

La vegetación fue colectada utilizando un cuadrante de 125 cm² de cobertura. En la colecta se tomaron a mano las algas presentes y, en el caso de las fanerógamas, sólo las hojas.

Para el macrobentos el muestreo se llevó a cabo con draga de gajos, excepto en los sitios demasiado someros para su funcionamiento, en cuyo caso se utilizó un tubo nucleador de 7.5 cm de diámetro y 10 cm de penetración. Para estandarizar los resultados, de cada extracción se conservó únicamente un litro de sedimento, independientemente del dispositivo de muestreo.

La separación de los organismos se llevó a cabo mediante un tamiz de 0.5 mm de luz de malla. Los organismos separados se fijaron en formol al 10%. En el laboratorio se realizó una segunda separación por la técnica de flotación en agua con azúcar; el sobrante del sedimento fue lavado y analizado directamente. Los ejemplares fueron identificados hasta el nivel taxonómico más preciso posible y secados en horno a 50°C durante 24 horas para la obtención de peso seco.

Los datos obtenidos se procesaron para separar las comunidades, con el método de componentes principales (Pielou, 1984), y se obtuvo un índice de valor biológico según el método propuesto por Loya-Salinas y Escofet (1990). La clasificación de las especies según sus hábitos alimenticios y hábitats se hizo de acuerdo con Escofet (1984) y Lastra *et al.* (1991).

RESULTADOS

Se identificaron 59 especies de invertebrados y cinco de vegetales integrantes del bentos de bahía Falsa. Los grupos taxonómicos predominantes fueron los anélidos y moluscos gasterópodos. El grupo más diverso, frecuente y abundante fue el de los anélidos, con 20 especies registradas, presentes en el 98% de las unidades muestrales, y 1,124 especímenes colectados (tabla 1).

La vegetación está dominada por *Zostera marina*, que forma una pradera que cubre el

A 125-cm² quadrant was used to collect the vegetation. The algae were collected by hand and, in the case of the phanerogams, only the leaves were gathered.

The sampling of the macrobenthos was carried out with an orange-peel grab, except at the sites where it was too shallow for it to be used, in which case a corer of 7.5 cm diameter and 10 cm penetration was utilized. To standardize the results, only one litre of sediment was kept from each extraction, regardless of the sampling device.

The samples were passed through a 0.5-mm sieve and the organisms separated were fixed in 10% formol. A second separation was carried out in the laboratory, using the flotation technique with syrup. The remaining sediment was rinsed and analysed immediately. The specimens were identified to the most precise taxonomic level possible and dried in an oven at 50°C for 24 hours to obtain dry weight.

The data obtained were processed for community ordination with the principal component method (Pielou, 1984), and a biological value index was obtained according to the method proposed by Loya-Salinas and Escofet (1990). The classification of the species regarding their feeding habits and habitat was according to Escofet (1984) and Lastra *et al.* (1991).

RESULTS

Fifty-nine invertebrate and five plant species from Bahía Falsa were identified. The predominant taxonomic groups were the annelids and gastropod molluscs. The most diverse, frequent and abundant group was that of the annelids: 20 species were recorded, occurring in 98% of the sampling units, and 1,124 specimens were collected (table 1).

The vegetation is dominated by *Zostera marina*, which forms a meadow that covers 66% of the bay. Seven species of algae were found in the meadow, the most frequent and abundant being *Ulva lactuca*.

The weights of the principal components, with the reciprocal average method, show four valid significant vectors in which the species are arranged. The species associations detected follow the patterns imposed by the

Tabla 1. Especies bentónicas encontradas en bahía Falsa, sus hábitos alimenticios y hábitats.

Table 1. Benthic species found at Bahía Falsa, their feeding habits and habitats.

	Hábito alimenticio	Hábitat
Annelida Polichaeta		
<i>Armandia bioculata</i>	Carnívoro	Endobentos
<i>Axiotella rubrocinta</i>	Carnívoro	Endobentos
<i>Capitella capitata</i>	Detritívoro	Endobentos
<i>Chone mollis</i>	Detritívoro	Endobentos
<i>Cirratulus cirratus</i>	Detritívoro	Endobentos
<i>Cirriformia luxuriosa</i>	Detritívoro	Endobentos
<i>Cossura</i> sp.	Detritívoro	Endobentos
<i>Eteone balboencis</i>	Carnívoro	Endobentos
<i>Exogone verugera</i>	Detritívoro	Endobentos
<i>Fabricia limicola</i>	Detritívoro	Endobentos
<i>Glycera</i> sp.	Carnívoro	Endobentos
<i>Lumbrineris minima</i>	Carnívoro	Endobentos
<i>Lumbrineris erecta</i>	Carnívoro	Endobentos
<i>Mediomastus ambisetus</i>	Detritívoro	Endobentos
<i>Mediomastus californiensis</i>	Detritívoro	Endobentos
<i>Neanthes arenaceodentata</i>	Carnívoro	Epibentos
<i>Nereis grubbei</i>	Carnívoro	Epibentos
<i>Nephtis cecoides</i>	Carnívoro	Endobentos
<i>Prionospio heterobranchiata</i>	Detritívoro	Endobentos
<i>Scoloplos amiceps</i>	Detritívoro	Endobentos
<i>Tharyx parvus</i>	Suspensívoro	Endobentos
Mollusca Gasteropoda		
<i>Anachis</i> sp.	Herbívoro	Epibentos
<i>Bulla gouldiana</i>	Herbívoro	Epibentos
<i>Cylichnella alba</i>	Herbívoro	Epibentos
<i>Nassarius tegula</i>	Detritívoro	Epibentos
<i>Navanax inermis</i>	Carnívoro	Epibentos
<i>Tricolia pulloides</i>	Herbívoro	Epibentos
Mollusca Pelecypoda		
<i>Macoma nasuta</i>	Suspensívoro	Endobentos
<i>Parvilucina</i> sp.	Detritívoro	Endobentos
<i>Protothaca staminea</i>	Suspensívoro	Endobentos
<i>Tagelus californica</i>	Suspensívoro	Endobentos
Arthropoda Crustacea: Ostracoda		
<i>Cypridina</i> sp.	Detritívoro	Epibentos

Tabla 1 (Cont.)

	Hábito alimenticio	Hábitat
Arthropoda Crustacea: Decapoda		
<i>Callinassa californiensis</i>	Detritívoro	Endobentos
<i>Callinectes bellicosus</i>	Carnívoro	Epibentos
<i>Heptacarpus taylori</i>	Herbívoro	Epibentos
<i>Hippolite californiensis</i>	Herbívoro	Epibentos
<i>Upogebia puggetensis</i>	Detritívoro	Endobentos
Arthropoda Crustacea: Cumacea		
<i>Oxiurostylis tertia</i>	Desconocido	Endobentos
<i>Oxiurostylis pacifica</i>	Desconocido	Endobentos
<i>Cumella</i> sp.	Desconocido	Endobentos
Arthropoda Crustacea: Tanaidacea		
<i>Heterotanais</i> sp.	Desconocido	Endobentos
<i>Leptochela dubia</i>	Desconocido	Endobentos
Arthropoda Crustacea: Isopoda		
<i>Sphaeroma</i> sp.	Herbívoro	Epibentos
<i>Paracerceis cordata</i>	Herbívoro	Epibentos
<i>Erichsonella</i> sp.	Herbívoro	Epibentos
Arthropoda Crustacea: Amphipoda		
<i>Acuminodeutopus heteropus</i>	Detritívoro	Epibentos
<i>Ampelisca compressa</i>	Herbívoro	Epibentos
<i>Amphideutopus oculatus</i>	Detritívoro	Epibentos
<i>Aruga holmesi</i>	Detritívoro	Epibentos
<i>Corophium</i> sp.	Detritívoro	Endobentos
<i>Erichtoniuss braziliensis</i>	Desconocido	Epibentos
<i>Foxiphalus epistomus</i>	Detritívoro	Epibentos
<i>Hyale yaqui</i>	Detritívoro	Epibentos
<i>Lembos macromanus</i>	Desconocido	Epibentos
<i>Microdeutopus schmitii</i>	Detritívoro	Epibentos
<i>Orchomene magdaleniensis</i>	Desconocido	Epibentos
<i>Paraphoxus obtusidens</i>	Detritívoro	Epibentos
<i>Rundilemboides</i> sp.	Desconocido	Epibentos
Equinodermata		
<i>Litechinus anamesus</i>	Herbívoro	Epibentos
<i>Holothuria</i> sp.	Detritívoro	Epibentos

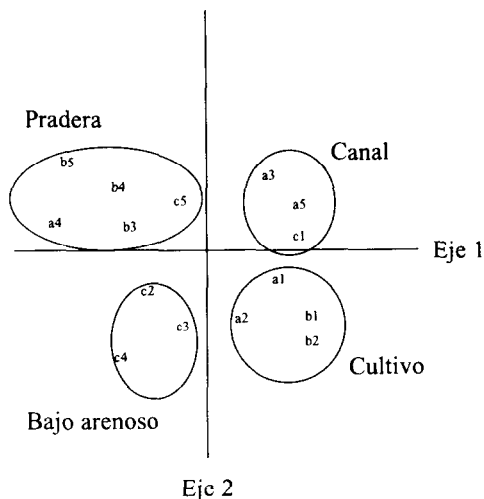


Figura 2. Composición específica de las cuatro comunidades o biocenosis.
Figure 2. Specific composition of the four communities or biocenoses.

66% de la bahía. Dentro de la pradera se localizaron siete especies de algas, siendo la más frecuente y abundante *Ulva lactuca*.

Las cargas de los componentes principales, por el método del promedio recíproco (*reciprocal average*), muestran cuatro vectores significantes válidos en los cuales se arreglan las especies. Las asociaciones de especies detectadas siguen los patrones impuestos por las características granulométricas del sedimento, formando regiones muy delimitadas. Según esta composición específica se pueden reconocer cuatro comunidades o biocenosis (fig. 2).

La primera está asociada a la zona arenosa sin cubierta vegetal, caracterizada por la dominancia en el índice de valor biológico (IVB) del anfípodo *Ampelisca compressa* y el anélido *Scoloplos amanceps*. Las biomasas son bajas, con promedio de 0.05 g/m², y la variación estacional es alta. Esta biocenosis se localiza en la porción sudoeste de la bahía, cerca de la boca y de la barra arenosa.

La biocenosis más extendida es la relacionada con los fondos cubiertos con *Z. marina*, especie que caracteriza a ésta. Las biomasas son las más altas de la bahía, llegando la de los invertebrados a 0.13 g/m², con variación estacional relativamente baja. Esta biocenosis se

granulometric characteristics of the sediment, forming well-delimited regions. According to this specific composition, four communities or biocenoses can be identified (fig. 2).

The first is related to the sandy area with no vegetation, characterized by the dominance in the biological value index (BVI) of the amphipod *Ampelisca compressa* and the annelid *Scoloplos amanceps*. The biomasses are low, with an average of 0.05 g/m², and seasonal variation is high. This biocenosis is located in the southwestern part of the bay, near the mouth and sand bar.

The most extended biocenosis is that related to the bottoms covered with *Z. marina*, which characterizes it. The biomasses are the highest in the bay, that of the invertebrates reaching 0.13 g/m², with relatively low seasonal variation. This biocenosis is located in the flats, from the lower intertidal zone to 1 m depth, in nearly all the perimeter and shallow central part of the bay, except in the sandy area near the mouth. The biomass of *Z. marina* ranges between 133 and 195 g dry weight/m², with an average of 148 g/m². This is the biocenosis that supports most biomass in the bay (fig. 3). *Ulva lactuca* is also an important producer in the system, with an average biomass of 36 g/m². The

localiza en los bajos, desde la zona intermareal inferior hasta 1 m de profundidad, en casi todo el perímetro y zona central somera de la bahía, excepto en la zona arenosa cercana a la boca. La biomasa de *Z. marina* varía entre 133 y 195 g peso seco/m², con un promedio de 148 g/m². Esta constituye la biocenosis que soporta más biomasa en la bahía (fig. 3). *Ulva lactuca* es asimismo un productor importante en el sistema, con una biomasa promedio de 36 g/m². Los invertebrados más importantes en el área son *Hippolite californiensis*, *Heptacarpus taylori*, *Ampelisca compressa*, *Tricolia pulloides* y *Cylichnella alba*, con una biomasa promedio de 96.64 g/m².

La tercera biocenosis es la relacionada con el canal de mareas que corre por la zona este de la bahía, con profundidades hasta de 15 m en la porción cercana a la boca. Aquí, la comunidad se caracteriza por los anfípodos *Aruga holmesi*, *Microdeutopus schmittii* y *Paraphoxus obtusidens*, y los anélidos *Axiotella rubrocinta* y *Lumbrineris erecta*. Las biomásas son altas, con promedio de 65.28 g/m², y la variación estacional es baja.

La comunidad relacionada con el cultivo del ostión está representada por detritívoros, con una biomasa promedio de 0.0368 g/m². La especie dominante es *Mediomastus californiensis*. Así mismo, se encuentran como especies características de esta zona *Capitella capitata*, *Mediomastus ambisetus* y *Parvilucina* sp.

La diversidad a lo largo del tiempo (fig. 4) fue máxima en las praderas de *Zostera* y mínima bajo el cultivo de ostión. No se encontró diferencia, con respecto a este índice, entre las comunidades del canal y planicie arenosa.

Existe una marcada variación estacional con dos estados principales: un "invierno", de noviembre a febrero, y un "verano", el resto del año. La comunidad de la pradera varía más acentuadamente debido a los ciclos propios de *Z. marina*, que tiene un pico en julio y un mínimo en enero (fig. 5). Los herbívoros en la comunidad siguen el mismo ciclo. La comunidad del cultivo tiene su máximo en los meses del "invierno", cuando la materia orgánica alcanza su punto más bajo. Las comunidades de arena y canal varían menos proporcionalmente.

most important invertebrates in the area are *Hippolite californiensis*, *Heptacarpus taylori*, *Ampelisca compressa*, *Tricolia pulloides* and *Cylichnella alba*, with an average biomass of 96.64 g/m².

The third biocenosis is related to the tidal channel that runs along the eastern zone of the bay, with depths of 15 m in the part near the mouth. Here the community is characterized by the amphipods *Aruga holmesi*, *Microdeutopus schmittii* and *Paraphoxus obtusidens*, and the annelids *Axiotella rubrocinta* and *Lumbrineris erecta*. The biomasses are high, with an average of 65.28 g/m², and seasonal variation is low.

The community associated with the oyster culture is represented by detritus feeders, with an average biomass of 0.0368 g/m². The dominant species is *Mediomastus californiensis*. Likewise, *Capitella capitata*, *Mediomastus ambisetus* and *Parvilucina* sp. are characteristic species of this area.

Diversity through time (fig. 4) was maximum in the meadows of *Zostera* and minimum in the oyster culture. There was no difference, with respect to this index, between the communities from the channel and sandy area.

There is a marked seasonal variation, with two main seasons: a "winter", from November to February, and a "summer", the rest of the year. The meadow community varies more clearly due to the cycles of *Z. marina*, which has a peak in July and a minimum in January (fig. 5). The herbivores in the community follow the same cycle. The culture community has its maximum during the "winter" months, when the organic matter reaches its lowest point. The communities from the sandy area and channel vary less proportionately.

The processes of change at Bahía Falsa, between 1987 and 1990, presented a clear increasing trend in the surface occupied by the meadow of *Z. marina* (fig. 6). The time series model shows a positive trend in the increase of the area covered by *Z. marina* ($b = 1.274 \pm 0.38$, $r = 0.662$, linear model), with a six-month cycle superposed.

The oyster culture underwent several changes in location and density during the study period. There was no statistical trend

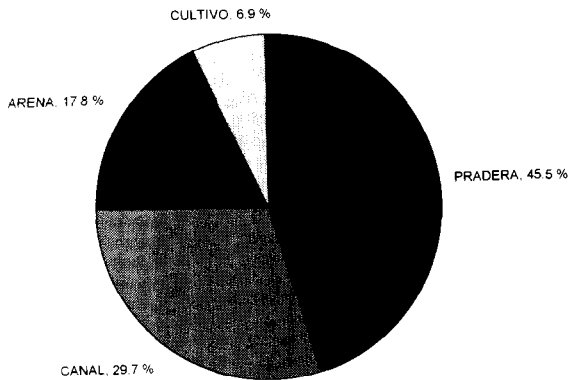


Figura 3. Comparación de biomásas.
Figure 3. Biomass comparison.

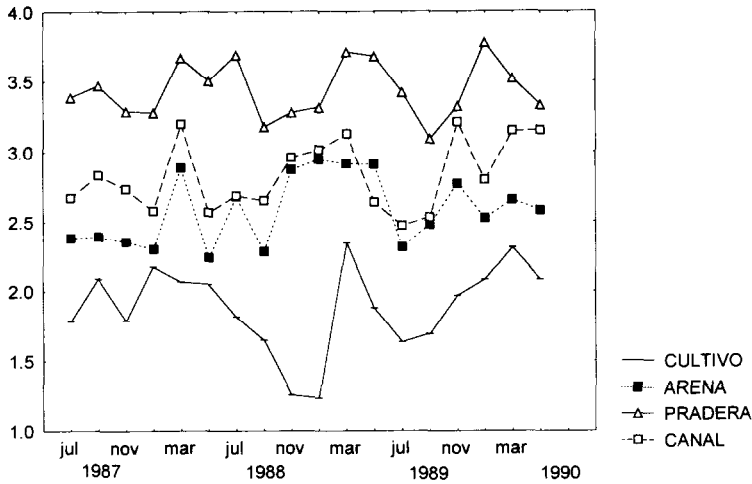


Figura 4. Variación del índice de diversidad (H').
Figure 4. Variation of the diversity index (H').

Los procesos de cambio en la bahía Falsa, entre 1987 y 1990, se caracterizaron por una clara tendencia al aumento de la superficie ocupada por la pradera de *Z. marina* (fig. 6). El modelo de serie de tiempo muestra una tendencia positiva en el aumento del área cubierta por *Z. marina* ($b = 1.274 \pm 0.38$, $r = 0.662$, modelo lineal), con un ciclo semestral superpuesto.

El cultivo de ostión sufrió varios cambios en localización y densidad durante el periodo

($b = 0.113$, $r = 0.240$, linear model) that indicated an increase in the area covered by the culture. Only the seasonal change was observed due to the aquacultural method used by the members of the cooperative.

The benthic communities responded to changes in the distribution of the culture installations by occupying the areas freed and disappearing from the newly occupied culture areas.

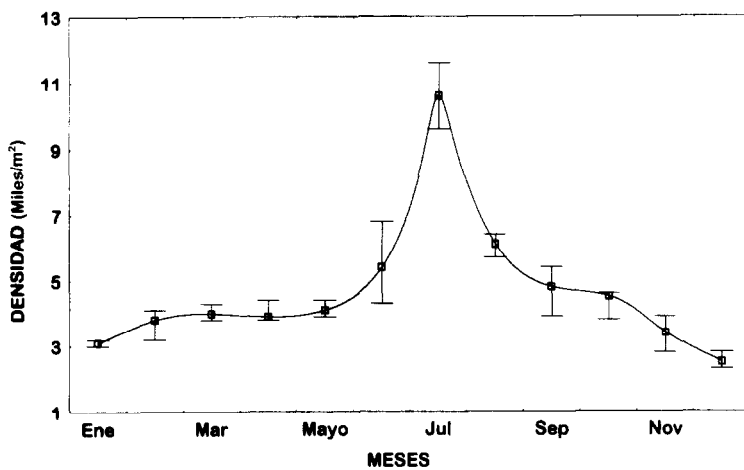


Figura 5. Variación de la biomasa de *Zostera*.
Figure 5. Variation of the biomass of *Zostera*.

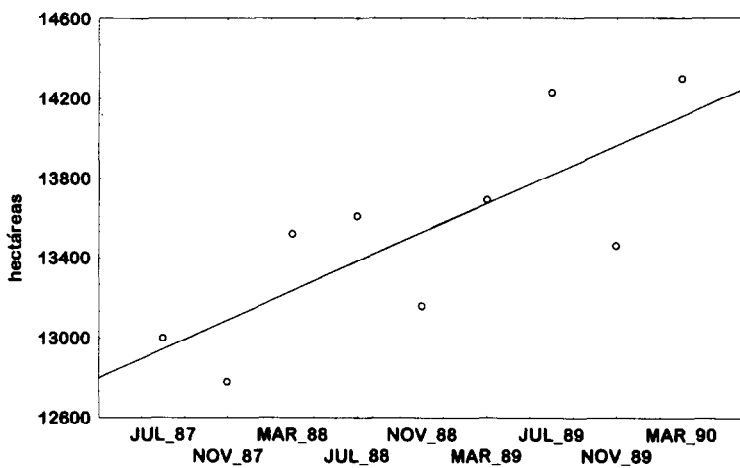


Figura 6. Serie de tiempo del área ocupada por *Zostera*.
Figure 6. Time series of the area occupied by *Zostera*.

de estudio. No se presentó tendencia estadística ($b = 0.113$, $r = 0.240$, modelo lineal) que marcara un aumento en el área cubierta por el cultivo. Únicamente se observa el cambio estacional debido a los ciclos propios de la técnica acuacultural usada por los cooperativistas.

Las comunidades bentónicas respondieron a los cambios en la distribución de las instalaciones de cultivo ocupando las áreas liberadas y desapareciendo de las áreas ocupadas por nuevos estantes de cultivo.

Las áreas liberadas del cultivo fueron colonizadas nuevamente por praderas de *Z. marina* en periodos estimados de cuatro meses. Después de este tiempo se alcanzó un crecimiento de la *Zostera* similar al de la pradera normal, pero la recolonización de los invertebrados no se completó sino después de aproximadamente seis meses, cuando los análisis de afinidad no mostraron diferencias con la zona de la pradera no alterada. La desaparición de esta especie en áreas ocupadas por instalaciones de cultivo fue en tiempos menores que dos meses.

Las biocenosis relacionadas con la zona arenosa de la barra y la parte profunda del canal no presentan cambios importantes en el periodo estudiado, y el modelo de serie de tiempo muestra que éstos fueron aleatorios y sin tendencia ($b = 0.052$, $r = 0.218$).

DISCUSIÓN

El tipo de fondo relacionado con el cultivo presenta características funcionales del bentos en medios de alto contenido de materia orgánica, consistentes en la modificación del sedimento cercano a la interfase con el agua. Los cambios son de fuerte impacto en el entorno cercano, pues dan lugar a un sedimento suave, semiconsolidado que promueve la turbiedad del agua (Rhoads y Young, 1970). Este sedimento es ocupado por una comunidad muy pobre en especies e individuos, que subsiste del flujo de materia orgánica producida por los ostiones del cultivo (McNulty *et al.*, 1962; Oyarzun *et al.*, 1987; Lastra *et al.*, 1991) y cae dentro de los clasificados como eutrofizados (Read *et al.*, 1978; Reish *et al.*, 1980) o, según Seki (1982), dentro del tipo denominado distrófico.

The areas freed from the culture were again colonized by meadows of *Z. marina* in periods of about four months. After this time, the growth of *Zostera* was similar to that of the normal meadow, but the invertebrates did not complete their recolonization until after approximately six months, when the affinity analyses showed no differences with the unaltered area of the meadow. The disappearance of this species in areas occupied by culture installations occurred in periods of less than two months.

The biocenoses related to the sandy area of the bar and the deep part of the channel did not present important changes during the study period, and the time series model shows that these occurred at random and with no tendency ($b = 0.052$, $r = 0.218$).

DISCUSSION

The characteristics of the bottom associated with the culture are functionally similar to those of the benthos in environments of high content of organic matter, in particular the modification of the sediment close to the interface with the water. These changes strongly affect the surrounding environment, since they result in a soft, semiconsolidated sediment that causes water turbidity (Rhoads and Young, 1970). This sediment is occupied by a community very poor in species and individuals, which survives from the flow of organic matter produced by the oysters from the culture (McNulty *et al.*, 1962; Oyarzun *et al.*, 1987; Lastra *et al.*, 1991) and falls within those classified as eutrophic (Read *et al.*, 1978; Reish *et al.*, 1980) or, according to Seki (1982), within the type denominated dystrophic.

The community from the oyster culture area associates with that of *Z. marina* through the flow of detritic organic matter produced in the culture. The absence of apparent differences between the part of the meadow close to the culture and the part far from it indicates that the influence of organic matter is assimilated, at least in part, by the organisms in the ecological system of the meadow. This is because the prevailing ecological conditions in the endoben-

La comunidad de la zona de cultivo de ostión se relaciona con la de *Z. marina* por medio del flujo de la materia orgánica detrítica producida en el cultivo. La ausencia de diferencias aparentes entre la región de la pradera cercana al cultivo y la alejada indica que el influjo de materia orgánica es asimilado, por lo menos en parte, por los organismos en el sistema ecológico de la pradera. Esto es explicable porque las condiciones ecológicas prevaletentes en el endobentos posibilitan biomazas grandes de organismos detritívoros y de bacterias (Whitlatch, 1981; Steimle, 1985).

El canal de mareas es la zona de mayor actividad hidrodinámica. Las corrientes generadas por las mareas concentran su energía en esta parte, de tal manera que el material en suspensión removido de la pradera por dichas corrientes tenderá a fluir hacia este canal y concentrarse en la parte profunda (Martori, 1989). Según indican los resultados, la parte somera del canal (hasta 1.2 m) se cubre con *Zostera* y es indistinguible por su conformación biológica de la pradera general. Sin embargo, la zona profunda (hasta 15 m) muestra una biocenosis de detritívoros. Esta acumulación de materia orgánica en la parte profunda del canal puede significar que éste es una vía de salida de los detritus en suspensión transportados por la masa de agua en movimiento por las mareas y vientos fuertes. Esto podría indicar que el detritus originado por el cultivo y que no ha sido consumido o procesado llega al canal, a través del cual fluye hacia el mar abierto o se dispersa dentro de la bahía de San Quintín.

En las series de tiempo obtenidas, el elemento cíclico más evidente es la variación estacional que se manifiesta en un crecimiento generalizado de la biomasa en el verano y su decremento subsecuente en el invierno. Los cambios estacionales marcan un periodo de crecimiento en la biomasa y extensión de la pradera y de decremento en la biomasa de la comunidad subyacente al cultivo, durante la época cálida del año; y un periodo de baja temperatura y tormentas que se refleja en un descenso en los mismos parámetros.

En escala mayor encontramos que la relación de la pradera con el cultivo es dinámica y

thos allow large biomasses of detritus-feeding organisms and bacteria (Whitlatch, 1981; Steimle, 1985).

Greatest hydrodynamic activity occurs in the tidal channel. The currents generated by the tides concentrate their energy in this part; therefore, the suspended material removed from the meadow by these currents tends to flow towards this channel and concentrate in the deep part (Martori, 1989). According to the results, the shallow part of the channel (to 1.2 m) is covered by *Zostera* and is indistinguishable from the general meadow due to its biological structure. However, the deep zone (to 15 m) shows a biocenosis of detritus feeders. This accumulation of organic matter in the deep part of the channel may signify that it is a way out for the suspended detritus transported by the water as a result of the tides and strong winds. This could indicate that the detritus originated by the culture and not consumed or processed reaches the channel, and either flows through it out to sea or disperses within San Quintín Bay.

In the time series obtained, the most evident cyclic element is the seasonal variation, shown by a generalized increase in biomass during summer and its subsequent decrease in winter. The seasonal changes indicate a period with an increase in the biomass and area of the meadow and a decrease in biomass of the community below the culture, during the warm season of the year, and a period of low temperature and storms with a decrease in the same parameters.

The relationship between the meadow and the culture is dynamic and presents no clear trend; even though the meadow grew during the study period, one cannot state that this is a permanent process but rather a response to environmental conditions coinciding with the observation process (Villarreal-Chávez, 1993). However, it is considered significant that there is no trend regarding changes in the culture area because this indicates that the problem of the eutrophic area did not increase in three years.

The results of this study indicate that the *Z. marina* meadow does not show symptoms of alteration outside the area directly associated with the culture installations, which means that

sin una tendencia clara ya que, aunque la pradera creció durante el periodo de estudio, no podemos afirmar que éste sea un proceso permanente, sino una respuesta a condiciones ambientales coincidentes al proceso de observación (Villarreal-Chávez, 1993). Sin embargo, se considera significativo la ausencia de tendencia en el cambio en la zona del cultivo, pues indica que durante tres años el problema del área eutrofada no aumentó.

Los resultados de este estudio indican que la pradera de *Z. marina* no muestra síntomas de alteración fuera de la zona directamente en relación con las instalaciones de cultivo, lo que significa que el cultivo de ostión no afecta significativamente al ecosistema en general. Únicamente en las zonas muy cercanas a las instalaciones se observa degradación por exceso de influjo de materia orgánica.

En un estudio de la comunidad de anélidos en el área, Calderón-Aguilera (1991) comparó sus resultados con los de Reish (1963) y afirmó que la composición de especies no ha cambiado en forma notable en 20 años. La composición de la fauna de anélidos encontrada en este estudio es 75% similar (índice de similitud de Sorensen) a la de Calderón-Aguilera (1992). Por lo que se puede concluir que se mantiene, en forma general, la comunidad y que, por lo tanto, a la fecha, la presencia del cultivo y su influencia han sido toleradas por la comunidad y que no se han creado problemas de contaminación orgánica generalizados. Sin embargo, no se puede extrapolar esta afirmación a una situación con un aumento en el área cubierta por el cultivo. La práctica realizada normalmente por la administración del cultivo de rotar la localización de las estructuras de cultivo parece ser adecuada para mantener el sedimento con contenidos de materia orgánica no peligrosos para el ostión; sin embargo, se considera que debe de ser complementada con un monitoreo que dará información para considerar la frecuencia de estos cambios.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte del proyecto Dinámica del Bentos en una Zona Impactada por Detritus Provenientes de un Cultivo de Os-

the oyster culture does not significantly affect the ecosystem in general. Only in the areas very close to the installations is degradation due to excessive inflow of organic matter observed.

In a study on the annelid community in the area, Calderón-Aguilera (1992) compared his results to those of Reish (1963) and reported that the species composition has not changed notably in 20 years. The composition of the annelid fauna found in this study is 75% similar (Sorensen's similarity index) to that of Calderón-Aguilera (1992). It can therefore be concluded that, in general, the community persists and that, to date, the presence and influence of the culture have been tolerated by the community and that problems of organic pollution have not arisen. However, this statement cannot be extrapolated to a situation in which there is an increase in the area covered by the culture. The method of rotating the culture installation sites followed seems to be appropriate for the organic matter content in the sediment to remain at levels not dangerous for the oyster. Nevertheless, a monitoring program should be carried out in order to obtain information that may be used to determine the frequency of these changes.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was part of the project *Dinámica del Bentos en una Zona Impactada por Detritus Provenientes de un Cultivo de Ostión*, supported by the *Universidad Autónoma de Baja California* and DGICSA of the *Secretaría de Educación Pública*, through grant 088-01-79.

English translation by Christine Harris.

tión, apoyado por la Universidad Autónoma de Baja California y la DGICSA de la Secretaría de Educación Pública, mediante el convenio 088-01-79.

REFERENCIAS

Calderón-Aguilera, L.E. (1992). Análisis de la fauna béntica de bahía de San Quintín,

- Baja California, con énfasis en su utilidad en la evaluación de impacto ambiental. **Ciencias Marinas**, 18(4): 27-46.
- Cho, C.H. and Park, Y. (1983). Eutrophication of bottom mud in shellfish farms in the Geoseno Jaram Bay. **Bull. Korean Fish. Soc.**, 16(3): 260-264.
- Escofet, A. (1984). Algunos ejemplos de tratamiento alternativo de listas de especies: registro de variables biológicas; caracterización de grupos funcionales (tróficos, etc.); manejo analítico y gráfico de relaciones funcionales. Mimeo, notas para el primer curso sobre estudios de impacto ambiental en el medio marino, clave CONACYT: PCMACNA-521024, 10 pp.
- Escofet, A. (1989). Ecología aplicada en Baja California, Cap. 10, pp. 285-318. En: J. de la Rosa-Vélez y F. González-Farías (eds.), **Temas de Oceanografía Biológica en México**. Ensenada, 337 pp.
- Lankford, R. (1977). Coastal lagoons of Mexico, their origin and classification. In: **Estuarine Processes. Circulation, Sediments and Transfer of Material in the Estuary**. Academic Press, New York, 2, pp. 182-215.
- Lastra, M., Palacio, J., Sánchez, A. y Mora, J. (1991). Estructura trófica infralitoral de la Bahía de Santander. **Cahiers Biol. Mar.**, 32: 333-351.
- Loya-Salinas, D.H. y Escofet, A. (1990). Aportaciones al cálculo del índice de valor biológico (Sanders, 1960). **Ciencias Marinas**, 16(2): 97-115.
- Martori, J. (1989). Variabilidad de la circulación y sus causas en la Bahía San Quintín, Baja California. Tesis de maestría, **Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada**, 110 pp.
- McNulty, K., Work, R.C. and Moore, H.B. (1962). Some relationships between the infauna of the level bottom and the sediment in south Florida. **Bull. Mar. Sci. Gulf & Caribbean**, 12(3): 322-332.
- Oyarzun, C., Carrasco, F.D. and Gallardo, V.A. (1987). Some characteristics of macrobenthic fauna from the organic-enriched sediments at Tahualcano, Chile. **Cahiers Biol. Mar.**, 28(3): 429-446.
- Pielou, E.C. (1984). **The Interpretation of Ecological Data: A Primer on Classification and Ordination**. John Wiley & Sons, New York, 268 pp.
- Read, P.A., Renshaw, T. and Anderson, K.J. (1978). Pollution effects on intertidal macrobenthic communities. **J. Appl. Ecol.**, 15: 15-31.
- Reish, D.J. (1963). A quantitative study of the benthic polychaetous annelids of Bahía de San Quintín, Baja California. **Pacific Nat.**, 3(14): 399-436.
- Reish, D.J., Soule, D.F. and Soule, J.D. (1980). The benthic biological conditions of Los Angeles-Long Beach harbors: Results of 28 years of investigations and monitoring. **Helgolander Meeresunters**, 34: 193-205.
- Rhoads, D.C. and Young, D.K. (1970). The influence of deposit-feeding organisms on sediment stability and community trophic structure. **J. Mar. Res.**, 28: 150-178.
- Seki, H. (1982). **Organic Materials in Aquatic Ecosystems**. CRC Press, Florida, 201 pp.
- Steimle, F.W. (1985). Biomass and estimated productivity of the benthic macrofauna in the New York Bight: A stressed coastal area. **Estuar. Coast. Shelf Sci.**, 21: 539-554.
- Villarreal-Chávez, G. (1993). Impacto ambiental de un cultivo del ostión *Crassostrea gigas* en Bahía Falsa, Baja California, México. Tesis doctoral, **Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas**, 51 pp.
- Whitlatch, R.B. (1981). Animal-sediment relationships in intertidal marine benthic habitats: Some determinants of deposit-feeding species. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, 1(1): 31-45.
- Zedler, J.B., Nordby, C.S. and Kus, B.E. (1992). The Ecology of Tijuana Estuary, California: A national estuarine research reserve. **NOAA Office of Coastal Resource Management, Sanctuaries and Reserves Division**, Washington, DC, 151 pp.