

Respuesta de los poliquetos bentónicos a la variabilidad ambiental y condiciones El Niño en Bahía Petacalco (Guerrero, México)

Response of benthic polychaetes to environmental variability and El Niño conditions at Petacalco Bay (Guerrero, Mexico)

J.A Rodríguez-Valencia

Stiftung Alfred-Wegener-Institut
Wattenmeerstation Sylt, Hafenstraße 43
D-25992 List/Sylt., Alemania
E-mail: jrodriguez@awi-bremerhaven.de

Recibido en junio de 2003; aceptado en abril de 2004

Resumen

Se analizaron las fluctuaciones en temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en las capas superficial (0–7 m) e inferior (7–23 m) de la columna de agua de Bahía Petacalco (Guerrero, México), y sus efectos sobre los poliquetos bentónicos, en diferentes fechas de 1992–1994. Los muestreos de 1992 permitieron capturar la fase terminal del evento El Niño 1992, seguido de la descarga de agua dulce del sistema de enfriamiento de una central termoeléctrica (2100 MW) en la superficie de la bahía. Durante El Niño 1992 el agua de la bahía estuvo significativamente más caliente, salina y oxigenada que entre 1993–1994. Al retirarse las condiciones El Niño, se incrementó la estratificación en la columna de agua y los niveles de oxígeno disuelto y salinidad se redujeron notoriamente. Después de El Niño, los poliquetos se recuperaron de niveles mínimos de abundancia y número de especies, a pesar de las descargas de la termoeléctrica que se mantuvieron sobre la superficie de la columna de agua. Afloramientos de agua profunda a través del cañón submarino Petacalco durante la primavera pudieron haber tenido un efecto positivo.

Palabras clave: Bahía Petacalco, poliquetos, El Niño, Guerrero, México.

Abstract

Fluctuations of temperature, salinity, and dissolved oxygen in the superficial (0–7 m) and lower (7–23 m) layers of the water column in Petacalco Bay (Guerrero, Mexico) and their effects on benthic polychaetes were analyzed on different dates between 1992 and 1994. Samplings undertaken during 1992 allowed the detection of the terminal phase of the 1992 El Niño event, followed by the discharge of warm freshwater from a power plant (2100 MW) over the surface of the bay. During the 1992 El Niño, the water was significantly warmer, more saline, and contained more oxygen than during 1993–1994. Stratification of the water column increased after the dissipation of El Niño conditions, and dissolved oxygen and salinity levels decreased noticeably. Polychaete abundances and the number of species were lowest during the El Niño period and increased afterwards. These changes occurred despite the operation of the power plant, since its discharges remained on the surface of the bay. Emersions of deep water through the Petacalco submarine canyon in spring may also have had a positive effect.

Key words: Petacalco Bay, polychaetes, El Niño, Guerrero, Mexico.

Introducción

México tiene zonas costeras de las que se desconoce aún su oceanografía y ecología. Tal es el caso de Bahía Petacalco (Guerrero, México), aledaña a la zona industrial portuaria del Delta del Río Balsas, a su vez incluida entre las “Regiones Marinas Prioritarias de México” (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998). En esta bahía nace el cañón submarino Petacalco, que forma parte del sistema de cañones submarinos del Río Balsas, los cuales ocasionan un notable gradiente batimétrico a corta distancia de la línea de costa (Reimnitz y Gutiérrez-Estrada, 1970). A pesar de que gran parte de la energía del oleaje es dispersada dentro de la bahía por el cañón, la dinámica de sus

Introduction

Mexico still has coastal areas whose oceanography and ecology are partially unknown. This is the case of Petacalco Bay (Guerrero, Mexico), close to the industrial port zone of the Balsas River Delta, which has been included in the “High-Priority Marine Regions of Mexico” (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998). The throat of the Petacalco submarine canyon, which belongs to the Balsas River submarine canyon system, is located within the bay. These submarine canyons produce a marked bathymetric gradient at a short distance from the coastline (Reimnitz and Gutiérrez-Estrada, 1970). Although the canyon disperses the surge energy inside the bay, the dynamics

playas es dominada por el oleaje de tormenta y períodos con precipitaciones fuertes que erosionan el área del delta (Montaño-Ley *et al.*, 1989). La ubicación y la corta plataforma continental de la zona hacen que el efecto de los eventos El Niño pueda ser detectado en la zona (ver Gallegos-García *et al.*, 1984). La bahía se encuentra continuamente influenciada por eventos de origen continental y oceánico que le imprimen variabilidad anual, entre los que resaltan: (a) una estratificación halina casi permanente hasta los 7 m de profundidad; (b) afloramiento de agua profunda en primavera que homogeneiza la salinidad pero provoca estratificación térmica; y (c) altos niveles de productividad primaria (Lechuga-Devéze *et al.*, 1999).

Por lo anterior es de suponerse que el ambiente de la bahía es muy dinámico. Además de la variabilidad natural, en 1993 se añadió un componente antropogénico con el inicio de operaciones de la planta termoeléctrica Plutarco Elías Calles (2100 MW), cuyos generadores son enfriados con agua dulce del Río Balsas que se descarga en la superficie de la bahía en volúmenes de hasta $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ a $\approx 40^\circ\text{C}$ (Lara-Zuñiga, 1997). La mayor parte del agua dulce de enfriamiento fluye sobre la superficie de la bahía antes de mezclarse con el agua salada subyacente.

Hasta ahora se desconocen los efectos de estos factores sobre el bentos. Lechuga-Devéze *et al.* (1999) describieron las variabilidades temporales de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, productividad primaria y nutrientes, en superficie y a 23 m de profundidad, dentro de la bahía entre febrero de 1993 y abril de 1994. Este trabajo complementará el de Lechuga-Devéze *et al.* (1999), describiendo las variaciones de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto durante 1992, incluyendo la parte final de El Niño 1992 (Kousky, 1993). Adicionalmente, se describen la composición de los poliquetos bentónicos de la bahía y sus fluctuaciones en abundancia, número de especies y diversidad (Índice de diversidad de Shannon-Wiener). Se analiza también el efecto de las fluctuaciones de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del agua sobre los poliquetos. Estos resultados se derivan de las tesis de maestría de N.A. Hernández-Guevara (Hernández-Guevara, 1997) y el autor del presente trabajo (Rodríguez-Valencia, 1997), las cuales analizaron por separado a los poliquetos sedentarios y errantes, respectivamente.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Bahía Petacalco se localiza en el Océano Pacífico Tropical Mexicano (fig. 1); sus mareas son semidiurnas y tienen un rango máximo de 0.5 m (González-González, 1993). Generalmente su oleaje es de baja energía por el efecto dispersor del delta del Río Balsas y el cañón submarino Petacalco (Montaño-Ley *et al.*, 1989). Batimétricamente la bahía se divide en una zona somera al este y una zona profunda al oeste, donde nace el cañón submarino Petacalco. El cañón se extiende 110 Km fuera de la costa y alcanza la Trinchera Centroamericana a

of its beaches is dominated by storms and heavy rainfall that cause erosion around the delta (Montaño-Ley *et al.*, 1989). As a result of its location and short continental platform, the influence of El Niño conditions can be detected (see Gallegos-García *et al.*, 1984). The bay is continuously influenced by continental and oceanic events that produce a marked yearly variability, most noticeably: (a) an almost permanent saline stratification from the surface to 7 m depth, (b) the emersion of deep water during spring that homogenizes the salinity but causes thermal stratification, and (c) high levels of primary productivity (Lechuga-Devéze *et al.*, 1999).

The above-mentioned features indicate a dynamic environment. Apart from the natural variability, in 1993 the anthropogenic component was added with the start of operations of the Plutarco Elías Calles power plant (2100 MW), whose generators are cooled with freshwater from the Balsas River that is discharged into the bay in volumes up to $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ at $\approx 40^\circ\text{C}$ (Lara-Zuñiga, 1997). Most of the warm freshwater flows across the surface of the bay before mixing with the underlying seawater.

The effects of these factors on the benthos are still unknown. Lechuga-Devéze *et al.* (1999) described the temporal variability of temperature, salinity, dissolved oxygen, primary productivity, and nutrients at the surface and 23 m depth inside the bay, between February 1993 and April 1994. The present contribution will complement that of Lechuga-Devéze *et al.* (1999), describing the variability in temperature, salinity, and dissolved oxygen during 1992, including the mature phase of the 1992 El Niño event (Kousky, 1993). Additionally, the composition of benthic polychaetes and their fluctuations in abundance, number of species, and diversity (Shannon-Wiener diversity index) will be described. The effect of temperature, salinity, and dissolved oxygen fluctuations on polychaetes will also be analyzed. These results derive from the M.Sc. theses of Hernández-Guevara (1997) and the author of the present manuscript (Rodríguez-Valencia, 1997), who separately analyzed sedentary and errant polychaetes, respectively.

Materials and methods

Study area

Petacalco Bay is located in the Mexican Tropical Pacific Ocean (fig. 1). Tides are semi-diurnal and their maximum range is 0.5 m (González-González, 1993). The Balsas River Delta and the Petacalco submarine canyon provide a sheltering effect, causing low-energy surge (Montaño-Ley *et al.*, 1989). The bay is divided into two bathymetrically contrasting areas: the shallow east part and the deep west part where the Petacalco submarine canyon begins. This canyon extends up to 110 km offshore and reaches the Central American Trench at 4600 m depth. Sediments are mostly composed of sand and mud (Morales-de la Garza *et al.*, 1988).

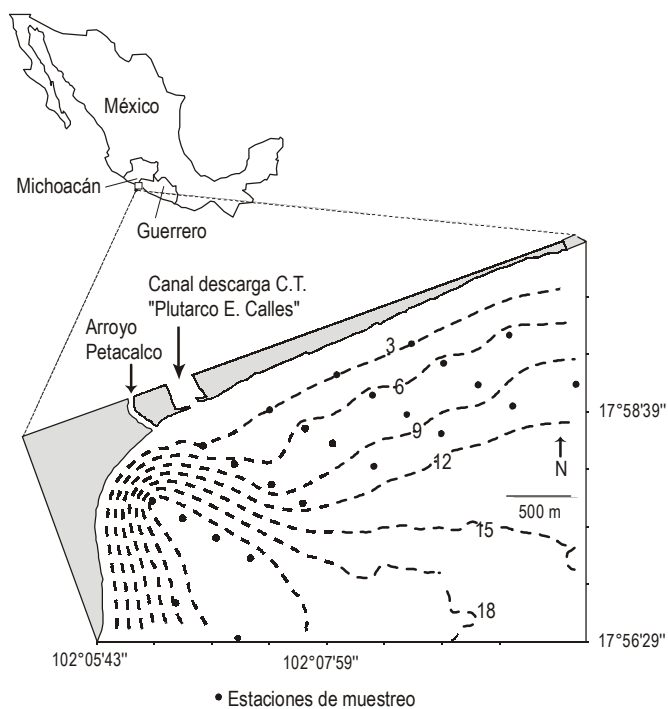


Figura 1. Ubicación de Bahía Petacalco y de las estaciones de muestreo. Isobatas en metros.

Figure 1. Location of Petacalco Bay (Guerrero, Mexico) and the sampling stations. Isobaths in meters.

4600 m de profundidad. Los sedimentos dominantes en la bahía son arena y lodo (Morales-de-la-Garza, 1988).

Parámetros físicos y químicos

En cada una de las 24 estaciones mostradas en la figura 1 se midió la temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (UPS) y oxígeno disuelto (mg L^{-1}) como lo describieron Lechuga-Devéze *et al.* (1999). Para este trabajo se cuenta con los datos de marzo, junio, julio, septiembre, octubre y diciembre de 1992, febrero, abril, junio, agosto y octubre de 1993, y febrero y abril de 1994. Los datos obtenidos entre la superficie y 7 m de profundidad se agruparon para representar el estrato superficial de la columna de agua; los obtenidos entre 7 y 23 m de profundidad se agruparon para representar al estrato inferior. Esto se hizo con base en los resultados de Lechuga-Devéze *et al.* (1999), quienes demostraron que la columna de agua está casi permanentemente dividida en estos dos estratos.

Muestras de bentos

Se tomó sólo una muestra de sedimento en cada una de las 24 estaciones de muestreo (fig. 1) en marzo, junio, septiembre, y diciembre de 1992, febrero, junio, abril, agosto y octubre de 1993, y febrero y abril de 1994. El sedimento se obtuvo con una draga Petit Ponar (15×15 cm, área de muestreo = 0.02 m^2 , volumen = 2376 cm^3) y las muestras fueron fijadas con formol

Physical and chemical parameters

Water temperature ($^{\circ}\text{C}$), salinity (psu), and dissolved oxygen concentration (mg L^{-1}) were measured at each of the 24 sampling stations shown in figure 1, following the methods described by Lechuga-Déveze *et al.* (1999). Data from March, June, July, September, October, and December 1992; February, April, June, August, and October 1993; and February and April 1994 were available for the present contribution. Measurements obtained between the surface and 7 m depth were pooled together in order to represent the superficial layer of the water column. Those obtained between 7 and 23 m depth were pooled together in order to represent the lower layer of the water column. This was done based on the results of Lechuga-Déveze *et al.* (1999), which indicated that the water column of this bay is almost permanently divided into these two layers.

Benthos samples

Only one sediment sample was taken at each of the 24 sampling stations (fig. 1) in March, June, September, and December 1992; February, June, April, August, and October 1993; and February and April 1994. Samples were taken using a Petit Ponar dredge (15×15 cm, sampling area = 0.02 m^2 , volume = 2376 cm^3) and preserved in formalin after sieving through a 0.5-mm mesh. All polychaetes were identified to the highest possible taxonomic level and stored in 70% ethanol. This material is now part of the polychaete collection of the Faculty of Biological Sciences of the Autonomous University of Nuevo León. There is not a single updated reference describing the most common polychaete species from the Mexican Pacific Ocean. To obtain a reliable identification it is necessary to depend on a considerable amount of old and recent literature, and the most important contributions for the study area are those of Fauvel (1923), Hartmann (1938, 1939, 1944, 1949, 1950, 1968, 1969), Berkeley and Berkeley (1939), Rioja (1941, 1962, 1974), Pettibone (1963, 1971), Fauchald (1968, 1970, 1972), Kudenov (1975a, 1975b, 1980), Salazar-Vallejo (1981), Uebelacker and Johnson (1984), Bastida-Zavala (1991), Hernández-Alcántara (1992), and de León-González (1994).

Analyzing the effect of physicochemical parameters on polychaetes

Relationships between the physicochemical parameters and polychaetes for the dates when benthos samples were obtained were analyzed through Principal Component Analysis. Redundancy Analysis was used in order to identify the significant effects of temperature, salinity, and concentration of dissolved oxygen (Lepš and Šmilauer, 2003). The significance of each physical and chemical variable was assessed with Monte Carlo permutation tests. These analyses were undertaken using CANOCO for Windows 4.5. For the Monte Carlo test, appropriate permutations were applied in order to remove the probable temporal and spatial autocorrelations.

disuelto en agua marina después de tamizarse a través de una malla de 0.5 mm. Todos los poliquetos fueron identificados hasta el máximo nivel taxonómico posible y preservados en etanol al 70%. El material está depositado en la colección poliquetológica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. No existe una sola referencia actualizada que describa las especies más comunes de poliquetos del Pacífico Mexicano. Para obtener una identificación confiable es necesario tener acceso a una gran cantidad de literatura antigua y reciente, siendo las referencias más importantes para la zona los trabajos de Bastida-Zavala (1991), Berkeley y Berkeley (1939), de-León-González (1994), Fauchald (1968, 1970, 1972), Fauvel (1923), Hartmann (1938, 1939, 1944, 1949, 1950, 1968, 1969), Hernández-Alcantara (1992), Kudenov (1975a, 1975b, 1980), Pettibone (1963, 1971), Rioja (1941, 1962, 1974), Salazar-Vallejo (1981), y Uebelacker y Johnson (1984).

Análisis del efecto de los parámetros fisicoquímicos sobre los poliquetos

Se analizaron las relaciones entre los parámetros fisicoquímicos y los poliquetos en las fechas en las que se obtuvieron las muestras del bentos mediante Análisis de Componentes Principales. Para identificar el efecto significativo de la temperatura, salinidad y concentración de oxígeno disuelto se utilizó Análisis de Redundancia (Lepš y Šmilauer, 2003), probando la significancia mediante la Prueba de Permutaciones Monte Carlo. Los análisis se hicieron con el programa CANOCO para Windows 4.5. En la Prueba Monte Carlo se aplicaron permutaciones diseñadas para evitar la posible autocorrelación espacial y temporal de los datos.

Resultados

Variación de los parámetros físicos y químicos

En la mayoría de los casos (10 de 13 fechas) el estrato superior de la columna de agua tuvo temperaturas significativamente más altas que el estrato inferior, y la concentración de oxígeno disuelto en el estrato superior siempre fue significativamente mayor que en el estrato inferior. En la mayoría de los casos (7 de 11 fechas) la salinidad en el estrato superior fue significativamente menor que en el estrato inferior.

Durante 1992 (condiciones El Niño), el agua de la bahía estuvo significativamente más cálida, salina y oxigenada que entre 1993–1994 ($29.1^{\circ}\text{C} \pm 0.2$ vs. $27.8^{\circ}\text{C} \pm 0.1$, ANOVA $F_{(1,1245)} = 155.1$ $P < 0.01$; $6.8 \text{ mg L}^{-1} \pm 0.09$ vs. $6.1 \text{ mg L}^{-1} \pm 0.08$, ANOVA $F_{(1,1236)} = 132.0$ $P < 0.01$; $31.7 \text{ UPS} \pm 0.4$ vs. $31.1 \text{ UPS} \pm 0.3$, ANOVA $F_{(1,1048)} = 5.1$ $P < 0.05$). Después de que las condiciones El Niño se retiraran, la estratificación en la columna de agua se incrementó, y los niveles de oxígeno disuelto y salinidad disminuyeron.

Results

Fluctuations of the physical and chemical parameters

In most of the cases (10 out of 13 dates), the superficial layer of the water column had significantly higher water temperatures than the lower layer, and the concentration of dissolved oxygen in the upper layer was always significantly higher than in the lower layer. In most of the cases (7 out of 11 dates), salinity in the superficial layer was significantly lower than in the lower layer.

During 1992 (El Niño conditions), the water was significantly warmer, saltier, and more oxygenated than from 1993 to

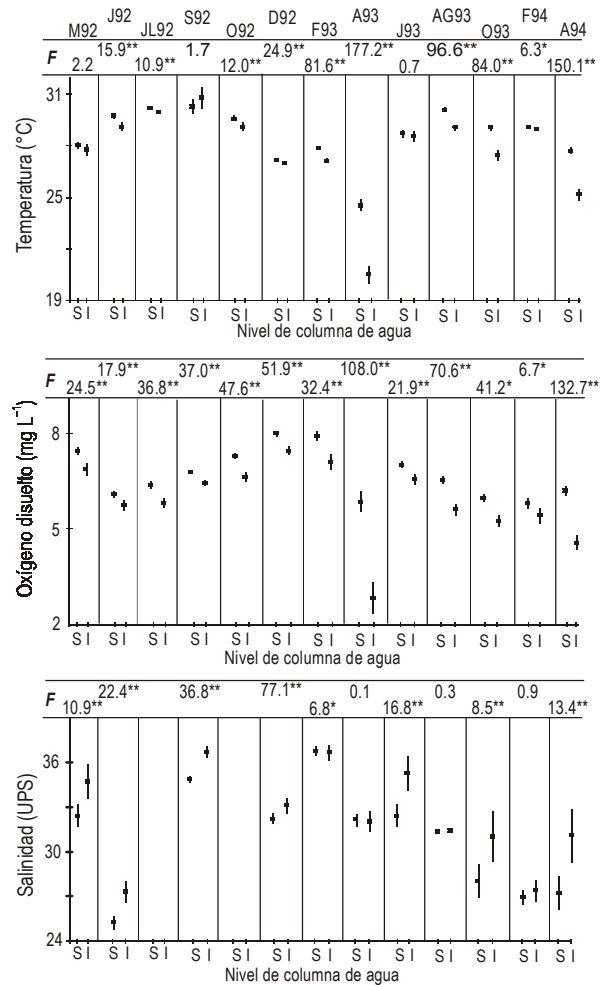


Figura 2. Temperatura, concentración de oxígeno disuelto, y salinidad (Media y límites de confianza al 95%) del agua en Bahía Petacalco, en diversas fechas de 1992–1994, en los estratos superior (S) e inferior (I) de la columna de agua. Los valores de F se refieren a Análisis de Varianza que prueban diferencias significativas entre los dos estratos. * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$.

Figure 2. Water temperature, concentration of dissolved oxygen, and salinity (mean and 95% confidence limits) at Petacalco Bay during different dates between 1992 and 1994 in the upper (S) and lower (I) layers of the water column. F-values refer to ANOVA tests assessing significant differences between layers. * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$.

Tabla 1. Especies de poliquetos bentónicos encontrados en la Bahía Petacalco entre 1992 y 1994, ordenados con base a su abundancia.
Table 1. Species of benthic polychaetes found in Petacalco Bay between 1992 and 1994, according to their abundance.

Especie	Abundancia	Especie	Abundancia
1. <i>Branchiomaldane</i> sp.	2097	40. <i>Spiophanes bombyx</i>	26
2. <i>Prionospio</i> (<i>A.</i>) <i>pygmea</i>	838	41. <i>Eteone californica</i>	25
3. <i>Scoloplos acmeiceps</i>	805	42. <i>Amphicteis sacaphobranchiata</i>	24
4. <i>Armandia brevis</i>	673	43. <i>Sigambra bassi</i>	22
5. <i>Lumbrineris tetraura</i>	379	44. <i>Cirriiformia spirabranhia</i>	22
6. <i>Spiophanes missionensis</i>	319	45. <i>Orbinia johnsoni</i>	22
7. <i>Magelona californica</i>	255	46. <i>Prionospio steenstrupi</i>	22
8. <i>Nephtys parva</i>	250	47. <i>Genetyllis castanea</i>	21
9. <i>Glycinde</i> sp.	237	48. <i>Phyllodoce tuberculosa</i>	20
10. <i>Paraprionospio pinnata</i>	234	49. <i>Sthenelais</i> sp.	19
11. <i>Lumbrineris crassidentata</i>	202	50. <i>Aphelochaeta moniliaris</i>	18
12. <i>Aricidea</i> sp.	186	51. <i>Minuspio cirrifera</i>	18
13. <i>Chone minuta</i>	169	52. <i>Scolecopsis squamata</i>	18
14. <i>Sigalion lewisii</i>	155	53. <i>Hirsutonuphis acapulcensis</i>	16
15. <i>Lumbrineris latreilli</i>	150	54. <i>Neoheteromastus lineus</i>	15
16. <i>Sthenelais helenae</i>	147	55. <i>Diopatra ornata</i>	14
17. <i>Chaetozone setosa</i>	103	56. <i>Diopatra splendidissima</i>	14
18. <i>Goniada papillosa</i>	96	57. <i>Aricidea minima</i>	14
19. <i>Lumbrineris cruzensis</i>	71	58. <i>Neotomastus glabrus</i>	14
20. <i>Chaetozone gracilis</i>	63	59. <i>Nereis pelagica</i>	13
21. <i>Lumbrineris</i> sp.	62	60. <i>Magelona</i> sp.	13
22. <i>Diopatra obliqua</i>	60	61. <i>Anaitides longipes</i>	12
23. <i>Aricidea minuta</i>	55	62. <i>Mesochaetopterus minutus</i>	12
24. <i>Fimbriosthenelais longipinnis</i>	51	63. <i>Mediomastus californiensis</i>	11
25. <i>Glycinde armigera</i>	51	64. <i>Poecilochaetus johnsoni</i>	11
26. <i>Caulleriella bioculata</i>	48	65. <i>Lumbrineris platylobata</i>	10
27. <i>Onuphis eremita parva</i>	47	66. <i>Aglaophamus dicirris</i>	10
28. <i>Nephtys caecoides</i>	44	67. <i>Aricidea fragilis</i>	10
29. <i>Dorvillea articulata</i>	38	68. <i>Polydora ligni</i>	10
30. <i>Chone mollis</i>	37	69. <i>Goniada brunnea</i>	9
31. <i>Magelona pacifica</i>	36	70. <i>Ancistargis verrucosa</i>	9
32. <i>Gyptis brevipalpa</i>	35	71. <i>Paranaites polynoides</i>	9
33. <i>Glycinde polygnatha</i>	32	72. <i>Polycirrus californicus</i>	9
34. <i>Mooreonuphis nebulosa</i>	28	73. <i>Leitoscoloplos fragilis</i>	8
35. <i>Nereiphylla paretii</i>	28	74. <i>Pherusa inflata</i>	8
36. <i>Caulleriella hamata</i>	28	75. <i>Glycera branchiopoda</i>	7
37. <i>Ophelina cylindricaudata</i>	28	76. Maldanidae	7
38. <i>Magelona pitelkai</i>	27	77. <i>Sthenelais fusca</i>	6
39. <i>Monticellina tessellata</i>	27	78. <i>Harmothoe exanthena</i>	6

(Cont.)

Especie	Abundancia	Especie	Abundancia
79. <i>Chloeia pinnata</i>	6	102. <i>Chone encaudata</i>	2
80. <i>Levinsenia gracilis</i>	6	103. <i>Dispia uncinata</i>	2
81. <i>Pista cristata</i>	5	104. <i>Isocirrus longipes</i>	2
82. <i>Scoloplos (Leodamas) olhini</i>	5	105. <i>Leitoscoloplos bajacaliforniensis</i>	2
83. <i>Glycera oxicephala</i>	4	106. <i>Owenia collaris</i>	2
84. <i>Aricidea wassi</i>	4	107. <i>Polycirrus mexicanus</i>	2
85. <i>Heteroclymene</i> sp.	4	108. <i>Spiophanes wigley</i>	2
86. <i>Lyssipe annectens</i>	4	109. <i>Glycera tenuis</i>	1
87. <i>Minuspia delta</i>	4	110. <i>Parandalia evelinae</i>	1
88. <i>Samyrella elongata</i>	4	111. <i>Pisione remota</i>	1
89. <i>Diopatra papilata</i>	3	112. <i>Aphrodita mexicana</i>	1
90. <i>Aricidea (Allia) quadrilobata</i>	3	113. <i>Sphaerodoropsis minutum</i>	1
91. <i>Aricidea (Acesta) asssimillis</i>	3	114. <i>Aedicira alisetosa</i>	1
92. <i>Diplocirrus micans</i>	3	115. <i>Aricidea crassicapitis</i>	1
93. <i>Notomastus tenuis</i>	3	116. <i>Aricidea longicirrata</i>	1
94. <i>Pista brevibranchiata</i>	3	117. <i>Boccardia proboscidea</i>	1
95. <i>Lumbrineris lagunae</i>	2	118. <i>Chaetozone spinosa</i>	1
96. <i>Nephtys magellenica</i>	2	119. <i>Chaetopterus variopedatus</i>	1
97. <i>Halosydna brevisetosa</i>	2	120. <i>Chone magna</i>	1
98. <i>Eunice antennata</i>	2	121. <i>Cossura soyeri</i>	1
99. <i>Brania heterocilia</i>	2	122. <i>Hydroides elegans</i>	1
100. <i>Exogone louriei</i>	2	123. <i>Hydroides diramphus</i>	1
101. <i>Caulleriella gracilis</i>	2	124. <i>Malacoceros indicus</i>	1

Composición, abundancia y diversidad de especies de poliquetos bentónicos, y sus correlaciones ambientales

Se identificaron 124 especies de poliquetos pertenecientes a 33 familias (tabla 1). Por primera vez en las costas mexicanas se reportaron *Aricidea wassi* Hobson 1972, *Aricidea (Allia) quadrilobata* Webster y Benedict 1887, *Aricidea longicirrata* Hartman-Schröder, 1965, *Chone magna* (Moore 1923), *Chaetozone spinosa* Moore, 1903, *Dorvillea articulata* (Hartmann, 1938), *Fimbriosthenelais longipinnis* Pettibone, 1971, y *Nereiphylla paretti* Blainville, 1828. El 50% de la abundancia total fue acumulado por *Branchiomaldane* sp., *Prionospio (Aproprionospio) pygmaea* Hartman, 1961, *Scoloplos acmeceps* Chamberlain, 1919, *Armandia brevis* (Moore, 1906) y *Lumbrineris tetraura* (Schmarda, 1861).

Las menores abundancias y los menores números de especies se observaron entre marzo y octubre de 1992, incrementándose a partir de diciembre de 1992, y alcanzando valores máximos en abril de 1993 y 1994. Las bajas abundancias y bajos números de especies se asociaron con las

1994 (29.1°C ± 0.2 vs 27.8°C ± 0.1, ANOVA $F_{(1,1245)} = 155.1$, $P < 0.01$; 6.8 mg L⁻¹ ± 0.09 vs 6.1 mg L⁻¹ ± 0.08, ANOVA $F_{(1,1236)} = 132.0$, $P < 0.01$; 31.7 psu ± 0.4 vs 31.1 psu ± 0.3, ANOVA $F_{(1,1048)} = 5.1$, $P < 0.05$). After the dissipation of the El Niño conditions the water column became more stratified and the oxygen and salt levels decreased (fig. 2).

Composition, abundance, and diversity of benthic polychaetes and their environmental correlates

A total of 124 polychaete species were identified, belonging to 33 families (table 1). The following were found for the first time on Mexican coasts: *Aricidea wassi* Hobson, 1972; *Aricidea (Allia) quadrilobata* Webster and Benedict, 1887; *Aricidea longicirrata* Hartman-Schröder, 1965; *Chone magna* (Moore, 1923), *Chaetozone spinosa* Moore, 1903; *Dorvillea articulata* (Hartmann, 1938); *Fimbriosthenelais longipinnis* Pettibone, 1971; and *Nereiphylla paretti* Blainville, 1828. The following constituted 50% of the total abundance: *Branchiomaldane* sp.; *Prionospio (Aproprionospio) pygmaea*

altas temperaturas, salinidades y concentraciones de oxígeno disuelto observados durante el El Niño 1992 en los dos estratos de la columna de agua (el Análisis de Componentes Principales explicó 61.4% de la varianza total de los datos, concentrándose 49% y 8.5% de ésta en el primer y segundo ejes canónicos, respectivamente, fig. 3).

La diversidad no varió notoriamente a lo largo del muestreo y no se encontró ningún patrón asociable con las fluctuaciones fisicoquímicas (fig. 3). En ninguna fecha la diversidad difirió significativamente del promedio general estimado para todo el muestreo ($H' = 2.8$) (prueba de observado vs. esperado, $\chi^2_{(11)} = 0.3$, $P > 0.05$).

Únicamente *Poecilochaetus johnsoni* Hartman, 1939, *Mediomastus californiensis* Hartman, 1944, *Chone mollis* Kroyer, 1856, *Glycinde armigera* Moore, 1911, y *Aricidea fragilis* Webster, 1879 fueron afines a las condiciones El Niño 1992 (fig. 4), teniendo todas ellas abundancias bajas. Entre 1993–1994 la abundancia media se incrementó significativamente a casi el triple del promedio observado durante condiciones El Niño ($26.2 \text{ organismos} \times 0.02 \text{ m}^{-2} \pm 13.6$ en 1992 vs. $74.8 \text{ organismos} \times 0.02 \text{ m}^{-2} \pm 11.8$ entre 1993–1994; ANOVA $F_{(1,334)} = 28.1$, $P < 0.01$). El número promedio de especies entre 1993–1994 se incrementó significativamente a casi el doble del promedio durante 1992 ($6.4 \text{ especies} \times 0.02 \text{ m}^{-2} \pm 0.4$ en 1992 vs. $11.0 \text{ especies} \times 0.02 \text{ m}^{-2} \pm 0.7$ entre 1993–1994; $F_{(1,334)} = 29.8$, $P < 0.01$).

El factor más importante para las fluctuaciones de los poliquetos bentónicos debería ser el agua cercana al fondo. Esto fue corroborado por el Análisis de Redundancia que reveló que únicamente la reducción en la concentración de oxígeno disuelto del estrato inferior de la columna de agua afectó significativamente la abundancia y el número de especies (Prueba de Permutaciones de Monte Carlo, $F = 2.07$, $P < 0.05$). Este modelo explicó el 52% de la varianza total, estando 76% y 16% de ésta representados en el primero y segundo ejes canónicos, respectivamente (fig. 4).

Discusión

La inclusión de los datos de 1992 complementa el cuadro de variabilidad ambiental temporal descrito por Lechuga-Devéze *et al.* (1999) y, en lo que respecta a la composición local de especies de poliquetos, ésta es la primera vez que se presenta una relación para la zona. El muestreo tuvo dos fuertes limitaciones: (a) el área de muestreo de la draga Petit Ponar es aproximadamente 25 veces menor que el área de muestreo de las dragas estándar utilizadas en estudios bentónicos actuales (por ejemplo, Van Veen de 0.5 m^2), haciendo muy probable una descripción poco óptima de la comunidad; y (b) la falta de réplicas de las muestras de sedimento en cada estación de muestreo obligó a agrupar los datos de las 24 estaciones de muestreo en cada fecha. A pesar de las limitaciones, este muestreo semi-cuantitativo es el único realizado en los últimos 10 años en la zona y no existe hasta ahora ninguna otra referencia

Hartman, 1961; *Scoloplos acmeceps* Chamberlain, 1919; *Armandia brevis* (Moore, 1906); and *Lumbrineris tetraura* (Schmarda, 1861).

The lowest abundances and number of species occurred between March and October 1992, starting to increase in December 1992 and reaching their highest values in April 1993 and 1994. Low abundances and number of species were associated with the high temperatures, salinities, and dissolved oxygen concentrations that occurred during the 1992 El Niño event in both levels of the water column (Principal Component Analysis, explaining 61.4% of the total variance, with 49% and 8.5% of it concentrated at the first and second canonical axes, respectively; fig. 3).

Diversity did not vary throughout the sampling period and no pattern related to the physicochemical fluctuations was found (fig. 3). Diversity did not differ significantly on any sampling date from the overall average for the whole sampling period ($H' = 2.8$) (observed vs expected test, $\chi^2_{(11)} = 0.3$, $P > 0.05$).

The only species that showed affinity with the 1992 El Niño conditions (fig. 4), all of them with low abundance levels, were *Poecilochaetus johnsoni* Hartman, 1939; *Mediomastus californiensis* Hartman, 1944; *Chone mollis* Kroyer, 1856; *Glycinde armigera* Moore, 1911; and *Aricidea fragilis* Webster, 1879. The mean abundance observed between 1993 and 1994 increased significantly after 1992, being three times higher than the mean abundance during El Niño conditions ($26.2 \text{ organisms} \times 0.02 \text{ m}^{-2} \pm 13.6$ in 1992 vs $74.8 \text{ organisms} \times 0.02 \text{ m}^{-2} \pm 11.8$ during 1993–1994; ANOVA $F_{(1,334)} = 28.1$, $P < 0.01$). The average number of species between 1993 and 1994 also increased significantly, being two times higher than the average in 1992 ($6.4 \text{ species} \cdot 0.02 \text{ m}^{-2} \pm 0.4$ in 1992 vs $11.0 \text{ species} \cdot 0.02 \text{ m}^{-2} \pm 0.7$ during 1993–1994; $F_{(1,334)} = 29.8$, $P < 0.01$).

The most important factor for the fluctuations of benthic polychaetes should be the water close to the bottom. This was corroborated by the Redundancy Analysis, which indicated that only the reduction of dissolved oxygen concentration in the lower layer of the water column significantly affected the abundance and number of species (Monte Carlo permutation test, $F = 2.07$, $P < 0.05$). This model explained 52% of the total variance, with 76% and 16% of it represented in the first and second canonical axes, respectively (fig. 4).

Discussion

The inclusion of the data obtained during 1992 supplements the environmental variability picture described by Lechuga-Devéze *et al.* (1999). Regarding the local composition of polychaete species, this is the first time that a relation is presented for this zone. The sampling had two strong limitations: (a) the sampling area of the Petit Ponar dredge is about 25 times smaller than that of standard dredges used nowadays for benthic studies (e.g., 0.5 m^2 Van Veen), and thus the

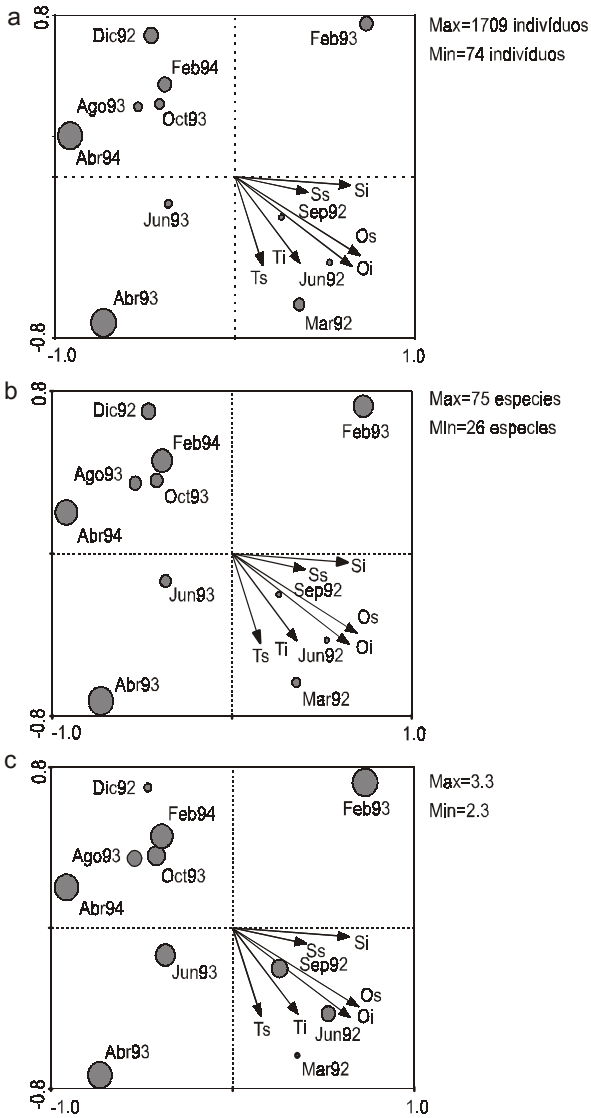


Figura 3. Diagramas de ordenamiento (Análisis de Componentes Principales) que muestran la relación entre los parámetros fisicoquímicos y (a) abundancia total de poliquetos bentónicos, (b) número de especies, y (c) Índice de diversidad de Shannon-Wiener. Ts y Ti; Os y Oi; Ss y Si = Temperatura, concentración de oxígeno disuelto, y salinidad promedios del agua en los estratos superior e inferior de la columna de agua, respectivamente.

Figure 3. Ordination diagrams (Principal Component Analysis) showing the relationship between physicochemical parameters and (a) polychaete abundances, (b) number of species, and (c) Shannon-Wiener diversity index. Ts and Ti, Os and Oi, Ss and Si = mean temperature, dissolved oxygen concentration, and salinity in the upper and lower layers of the water column, respectively.

publicada sobre el bentos de la misma, lo que indica la necesidad de realizar muestreos mejor diseñados en el futuro. Hay que hacer notar también que el material biológico no fue desechado, sino que se depositó en una colección taxonómica formal para facilitar revisiones y comparaciones.

La temperatura del agua en 1992 fue similar a las observadas en aguas oceánicas frente a la costa de Guerrero durante el

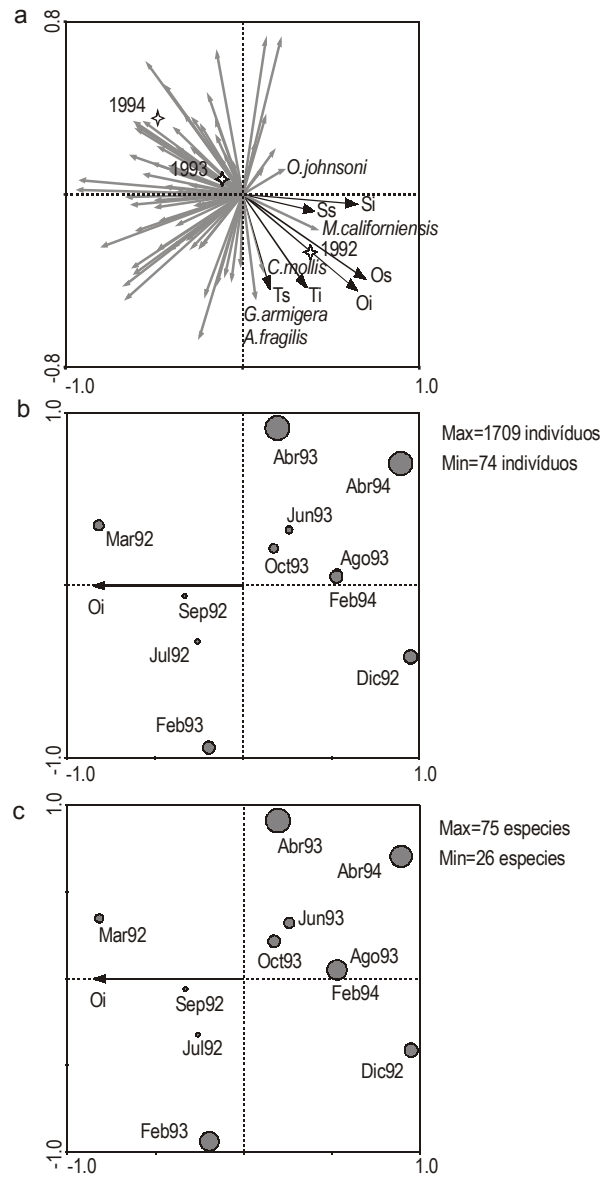


Figura 4. (a) Diagrama de ordenamiento (Análisis de Componentes Principales) que muestra la relación especies-parámetros fisicoquímicos. Únicamente se muestran los nombres de las especies afines a las condiciones “El Niño” 1992. (b) y (c) Diagramas de ordenamiento (Análisis de Redundancia) que muestran la relación entre la concentración promedio de oxígeno disuelto en el estrato inferior de la columna de agua (Oi), y la abundancia total y número de especies, respectivamente.

Figure 4. (a) Ordination diagram (Principal Component Analysis) showing the relationship between species and physicochemical parameters. Only the names of the species with affinity to the 1992 El Niño event are shown. (b) and (c) Ordination diagrams (Redundancy Analysis) showing the relationship between the mean concentration of dissolved oxygen in the lower layer of the water column (Oi) and the total abundance and number of species, respectively.

community description may not be optimal; and (b) the lack of replication of sediment samples for each sampling date made it necessary to pool the data of the 24 stations together. Nevertheless, this semi-quantitative sampling is the only one

El Niño 1982–1983 (Gallegos-García *et al.*, 1984), y fue 2°C más alta que el promedio de todos los años no El Niño entre 1952 y 1999 en el área (datos de temperatura superficial del agua de la NOAA disponibles en <http://www.epic.noaa.gov/cgi-bin/NOAAServer>). Durante 1992 la precipitación en Bahía Petacalco fue alta, lo cual es común durante años El Niño (Mann y Lazier, 1991). La precipitación media durante 1992 fue significativamente mayor que el promedio registrado entre 1921 y 1971 (238.4 mm \pm 116.0 en 1992 vs. 91.9 mm \pm 63.8 entre 1921–1971, $F_{(1,19)} = 5.1$, $P < 0.01$). La drástica reducción de salinidad observada en junio de 1992 pudo deberse al inicio de la temporada de lluvias en la región combinado con la posible apertura de las compuertas de las presas El Infiernillo y José María Morelos y Pavón, ubicadas sobre el Río Balsas.

Lo corto de la plataforma continental y la presencia del cañón submarino en la zona de Bahía Petacalco deberían inducir diferencias mínimas entre las propiedades del agua oceánica adyacente y la de la bahía. Gallegos-García *et al.* (1984) definieron las condiciones oceánicas normales (no El Niño) en la región oceánica de Guerrero (27.4°C \pm 0.3, 5.9 mg L⁻¹ de oxígeno disuelto \pm 0.3, y 34.2 UPS \pm 0.1), pero en comparación con estos datos la bahía estuvo más caliente, oxigenada y salina que la región oceánica.

Las frecuentes diferencias significativas entre las capas superficial e inferior de la columna de agua corroboran la observación de Lechuga-Devéze *et al.* (1999), en el sentido de que la bahía está permanentemente estratificada.

Entre la variabilidad temporal de los parámetros fisicoquímicos resaltan las reducciones de temperatura y oxígeno disuelto en los meses de abril de 1993 y 1994. Estas reflejan el afloramiento de agua profunda en la bahía durante la primavera (Lechuga-Devéze *et al.*, 1999). Lechuga-Devéze *et al.* (1999) mencionaron que estos afloramientos inyectan nutrientes a la bahía, provenientes de la zona oceánica adyacente, y hacen más eficiente su productividad. De acuerdo con el Análisis de Redundancia, la reducción de oxígeno disuelto en el estrato inferior de la columna de agua (que refleja el afloramiento de agua profunda) afectó positiva y significativamente la abundancia y el número de especies. Por lo tanto, la recuperación del bentos se dio por el efecto combinado del retiro de las condiciones El Niño y la ocurrencia de afloramientos de agua profunda durante la primavera.

El efecto negativo de las condiciones de El Niño 1992 sobre la abundancia y el número de especies de poliquetos bentónicos fue notorio, siendo este un efecto común sobre el bentos marino (Arntz y Fahrbach, 1996). También es común observar reducciones en la diversidad (Tarazona *et al.*, 2002), sin embargo, en nuestro caso ésta no varió significativamente ni durante ni después del El Niño. Debido a que *Poecilochaetus johnsoni*, *Mediomastus californiensis*, *Chone mollis*, *Glycinde armigera* y *Aricidea fragilis* fueron afines con las condiciones cálidas de 1992, es posible que ellas representen a las especies inmigrantes que comúnmente se instalan durante El Niño (Tarazona *et al.*, 2002). Hasta ahora se desconoce que

undertaken over the last 10 years in this area and, to date, nothing else has been published. This indicates the need to perform better-designed samplings in the future. It should also be noted that the biological material was not discarded, but deposited in a formal taxonomical collection to allow revisions and comparisons.

The water temperatures recorded during 1992 were similar to those reported for the oceanic region off Guerrero during the 1982–1983 El Niño (Gallegos-García *et al.*, 1984), and were 2°C higher than the average for all the non-El Niño years between 1952 and 1999 in this area (NOAA surface water temperature data available at <http://www.epic.noaa.gov/cgi-bin/NOAAServer>). Rainfall in 1992 at Petacalco Bay was high, as commonly happens during El Niño years (Mann and Lazier, 1991). The average precipitation during 1992 was significantly higher than the average between 1921 and 1971 (238.4 mm \pm 116.0 in 1992 vs 91.9 mm \pm 63.8 during 1921–1971, $F_{(1,19)} = 5.1$, $P < 0.01$). The drastic reduction in salinity in June 1992 could have been produced by the onset of the rainy season combined with the opening of the El Infiernillo and José María Morelos y Pavón dams located on the Balsas River.

The shortness of the continental shelf and the presence of the submarine canyon in Petacalco Bay should cause minimal differences in the water properties between the oceanic region and the bay itself. Gallegos-García *et al.* (1984) defined the normal oceanic conditions (non-El Niño) for the oceanic region off Guerrero (27.4°C \pm 0.3, 5.9 mg L⁻¹ of dissolved oxygen concentration \pm 0.3, and 34.2 psu \pm 0.1), but compared with these data the bay was warmer, brackish, and more oxygenated than the oceanic region.

Frequent significant differences in physicochemical properties between the superficial and lower layers of the water column corroborate Lechuga-Devéze *et al.*'s (1999) results regarding the permanent stratification of the bay.

Reductions in water temperature and dissolved oxygen in April 1993 and 1994 are noticeable among the temporal variability of physicochemical properties. These reflect the emersion of deep water during spring (Lechuga-Devéze *et al.*, 1999). Lechuga-Devéze *et al.* (1999) mentioned that these emersions inject nutrients from the adjacent oceanic region into the bay, enhancing productivity. According to the Redundancy Analysis, the reduction in dissolved oxygen concentrations in the lower layer of the water column (reflecting the emersion of deep water) affected positively and significantly the abundance and number of species. Therefore, benthic recovery occurred due to the combined effect of the gradual dissipation of the El Niño conditions and the deep-water emersions during spring.

The negative effect of the 1992 El Niño event on abundance and number of species was evident; this is a common effect on marine benthos (Arntz and Fahrbach, 1996). It is also common to observe reduced diversity (Tarazona *et al.*, 2002); nevertheless, significant differences in diversity during and after El Niño were not found here. Since *Poecilochaetus*

tan variable pueda ser la composición local de especies, por lo que es necesario realizar más muestreos con replicación durante condiciones normales y condiciones de El Niño.

Después de estar sujeta a condiciones El Niño en 1992, la bahía experimentó el inicio de la descarga de agua del sistema de enfriamiento de la central termoeléctrica Plutarco E. Calles. El efecto positivo de los afloramientos de agua profunda sobre el bentos fue de mayor magnitud que los posibles efectos negativos del agua de enfriamiento pues las abundancias y el número de especies se incrementaron significativamente. Las reducciones de salinidad y oxígeno disuelto observadas a partir de 1993 son efectos comunes de los sistemas de enfriamiento operados con agua dulce sobre la columna de agua (Bodagnos y Sutsmajadis, 1992; Bone *et al.*, 1987). Los efectos de estas descargas sobre la biota son frecuentemente negativos (Barnett, 1972; Crema y Bonvincini-Plagiai, 1980; Khalanski *et al.*, 1982; Bone y Bock, 1987; Bone *et al.*, 1987; Díaz *et al.*, 1987; Chen *et al.*, 1991), pero la estratificación de la bahía evitó el contacto directo del agua de enfriamiento con el sedimento. Cuando las descargas tienen contacto directo con el bentos generalmente ocurren mortalidades masivas (Sangyshev *et al.*, 1986; Gravina *et al.*, 1988; Chen *et al.*, 1991; Patterson y Ayyakkannu, 1992; Kassens y Karpiy, 1994; Stora *et al.*, 1995).

La descarga superficial permanente de agua de enfriamiento puede llevar al establecimiento de condiciones estuarinas artificiales que incrementan la productividad primaria y afectan positivamente al bentos (Mann y Lazier, 1991; Sekine *et al.*, 1993; Nakagawa *et al.*, 1994) pues el aporte de nutrientes hacia el sedimento se incrementa (Christensen y Kanneorff, 1985; Álvarez-Borrego, 1994).

Agradecimientos

Se agradece la asesoría de A. Escofet (CICESE), J.A. de León-González (Universidad Autónoma de Nuevo León), J. Gómez-Valdés (CICESE), L. Delgado-Argote (CICESE), V. Díaz-Castañeda (CICESE), E. Solana-Arellano (CICESE), y H. de-la-Cueva (CICESE). CONACYT brindó apoyo económico entre 1994 y 1997. J.A. de León-González aportó el material biológico, datos fisicoquímicos y asesoría taxonómica. N.A. Hernández-Guevara aportó datos sobre los poliquetos sedentarios y corrigió el manuscrito. R. Franco-López (Comisión Federal de Electricidad) aportó información sobre la central termoeléctrica Plutarco E. Calles. El Instituto Alfred Wegener apoyó la asistencia al simposio y taller *Impacts of El Niño and basin-scale climatic change on ecosystems and living marine resources: a comparison between the California and the Humbolt current system* (Viña del Mar, Chile; agosto 2002). P. Šmilauer y J. Lepš (University of South Bohemia, República Checa) aportaron asesoría estadística. Se agradecen las correcciones de dos árbitros anónimos. R. Bastida-Zavala (Universidad del Mar) apoyó con información respecto al status de los serpulidos mencionados en este trabajo.

johnsoni, *Mediomastus californiensis*, *Chone mollis*, *Glycinde armigera*, and *Aricidea fragilis* showed affinity to the warm conditions during 1992, they can represent the immigrant species that commonly occur during El Niño periods (Tarazona *et al.*, 2002). Up to now, it is not known how variable the local taxonomic composition can be; hence, it is necessary to undertake samplings with replication in this area during normal and El Niño years.

After the 1992 El Niño event, the bay began to receive the discharges from the Plutarco Elías Calles power plant. The positive effect of the deep-water emersions was of higher magnitude than the probable negative effects from the power plant discharges, since abundances and the number of species increased significantly. The reduction in salinity and dissolved oxygen concentrations observed since 1993 are common effects over the water column of cooling systems operated with freshwater (Bodagnos and Sutsmajadis, 1992; Bone *et al.*, 1987). Usually, these discharges have a negative effect on the biota (Barnett, 1972; Crema and Bonvincini-Plagiai, 1980; Khalanski *et al.*, 1982; Bone and Bock 1987; Bone *et al.*, 1987; Díaz *et al.*, 1987; Chen *et al.*, 1991); nevertheless, the stratification hindered the contact between the cooling water and the sediment. When discharges make contact with the benthos, massive mortalities are common (Sangyshev *et al.*, 1986; Gravina *et al.*, 1988; Chen *et al.*, 1991; Patterson and Ayyakkannu, 1992; Kassens and Karpiy, 1994; Stora *et al.*, 1995).

The permanent discharge of cooling water over the surface can lead to artificial estuarine conditions that increase local productivity and positively affect the benthos (Mann and Lazier, 1991; Sekine *et al.*, 1993; Nakagawa *et al.*, 1994), since the input of nutrients to the sediment is increased (Christensen and Kanneorff, 1985; Álvarez-Borrego, 1994).

Acknowledgements

Thanks to A. Escofet (CICESE), J.A. de León-González (Autonomous University of Nuevo Leon), J. Gómez-Valdés (CICESE), L. Delgado-Argote (CICESE), V. Díaz-Castañeda (CICESE), E. Solana-Arellano (CICESE), and H. de la Cueva (CICESE) for their advice. CONACYT provided economic support between 1994 and 1997. J.A. de León-González provided the biological material, physicochemical data, and taxonomic advice. N.A. Hernández-Guevara provided data on the sedentary polychaetes and reviewed the manuscript. R. Franco-López (Comisión Federal de Electricidad) provided data on the Plutarco E. Calles power plant. The Alfred-Wegener-Institute supported the attendance to the Symposium and Workshop "Impacts of El Niño and basin-scale climatic change on ecosystems and living marine resources: A comparison between the California and the Humbolt current system" (Viña del Mar, Chile; August 2002). P. Šmilauer and J. Lepš (University of South Bohemia, Czech Republic) provided

Referencias

- Álvarez-Borrego, S. (1994). Secondary productivity in coastal lagoons. In: B. Kjerfve (ed.), *Coastal Lagoon Processes* (Elsevier Oceanography Ser., 60). Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, pp. 287–309 p.
- Arntz, W. y Fahrbach, E. (1996). *El Niño. Experimento Climático de la Naturaleza*. Fondo de Cultura Económica, México DF, 312 pp.
- Arriaga-Cabrera, L., Velázquez-Domínguez, E., González-Cano, J., Jiménez-Rosenberg, R., Muñoz-López, E. y Aguilar-Sierra, V. *Regiones Prioritarias Marinas de México*. CONABIO. México, D.F. 198 pp.
- Barnett, P.R.O. (1972). Effects of warm water effluents from power stations on marine life. *Proc. R. Soc. London Ser. B*, 189: 497–509.
- Bastida-Zavala, J.R. (1991). *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) del sureste de la Bahía de La Paz, BCS, México: Taxonomía y aspectos biogeográficos*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.
- Berkeley, E. and Berkeley, C. (1939). On a collection of Polychaeta, chiefly from the west coast of Mexico. *Ann. Mag. Nat. His. Ser.*, 11(3): 321–346.
- Bodagnos, C. and Sutsmajadis, J. (1992). Factors ruling the benthic communities of the Messolonghi lagoons. *Rev. Int. Oecogr. Med.*, 105–106: 50–61.
- Bone, D. y Bock, M. (1987). Comportamiento del afluente térmico de Planta Centro, descargado en las playas aledañas a Punta Morón. En: P.E. Pensachaszadeh y F.J. Losada (eds.), *Ecología del Ambiente Marino Costero de Punta Morón y Comunidades Incrustantes de Planta Centro (Estado Carabobo, Venezuela)*. Informe final de la 3ª fase del proyecto CADAFE-USB, pp. 5–27.
- Bone, D., Doering, V. y Pensachaszadeh, P.E. (1987). Macrofauna de los fondos arenosos de Punta Morón y su relación con la descarga del efluente térmico de Planta Centro. En: P.E. Pensachaszadeh y F.J. Losada (eds.), *Ecología del Ambiente Marino Costero de Punta Morón y Comunidades Incrustantes de Planta Centro (Estado Carabobo, Venezuela)*. Informe final de la 3ª fase del proyecto CADAFE-USB, pp. 63–94.
- Chen, G., Hu, Y., Wang, H. Dong, Y., Hu, Q. and Zhang, S. (1991). Ecological characteristics of macrobenthos on the area near Quingshan Nuclear Power Station. *Donghai Mar. Sci. Donghai Haiyang*, 9(2): 109–118.
- Christensen, H. and Kannevorff, E. (1985). Sedimenting phytoplankton as major food source for suspension and deposit feeders in the Öresund. *Ophelia*, 24: 223–244.
- Crema, R. and Bonvincini-Plaigai, A.M. (1980). The structure of benthic communities in an area of thermal discharge from a coastal power station. *Mar. Pollut. Bull.*, 11: 221–224.
- de León-González, J.A. (1994). *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la plataforma continental de la costa oeste de Baja California Sur, México: Taxonomía, hábitos alimenticios y distribución*. Tesis de maestría, CICIMAR-Instituto Politécnico Nacional, México.
- Díaz, M.C., Pensachaszadeh, P.E. y Doering, V. (1987). Macrofauna bentónica de fondos arenosos de Punta Morón y comunidades incrustantes de Planta Centro (Estado Carabobo, Venezuela). En: P.E. Pensachaszadeh y F.J. Losada (eds.), *Informe final de la 3ª fase del proyecto CADAFE-USB*, Simón Bolívar Univ. (INTELMAR) Caracas, Venezuela, pp. 92–157.
- Fauchald, K. (1968). Onuphidae (Polychaeta) from western Mexico. *Allan Hancock Monogr. Mar. Biol.*, 3: 1–82.
- Fauchald, K. (1970). Polychaetous annelids of the families Eunicidae, Lumbrineridae, Iphitimidae, Arabellidae, Lysaretidae, and Dorvilleidae from western Mexico. *Allan Hancock Monogr. Mar. Biol.*, 335 pp.
- statistical advice. Two anonymous reviewers are acknowledged for their corrections. R. Bastida-Zavala (Universidad del Mar) provided help with the status of serpulids cited here.

English translation by the author.

- Fauchald, K. (1972). Benthic polychaetous annelids from deep water off western Mexico and adjacent areas in the eastern Pacific Ocean. *Allan Hancock Monogr. Mar. Biol.*, 7: 1–575.
- Fauvel, P. (1923). *Faune de France. 5. Polychètes errantes*. Office Central de Faunistique, 471 pp.
- Gallegos-García, A., de la Lanza-Espino, G., Ramos-Durón, G. y Guzmán-Arroyo, M. (1984). The 1982–83 warm episode in the off-shore waters of Guerrero, Mexico (northeastern tropical Pacific Ocean). *Rev. Geofís. (Mex.)*, 21: 43–55.
- González-González, F. (1993). Comunidades algales del Pacífico Tropical. En: S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.), *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO-CIQRO, pp. 421–443.
- Gravina, M.F., Ardizzone, G.D. and Giangrandes, A. (1988). Selecting factors in polychaete communities of central Mediterranean coastal lagoons. *Int. Rev. Gesamt. Hydrobiol.*, 73(4): 465–476.
- Hartmann, O. (1938). Descriptions of new species and new generic records of polychaetous annelids from California of the families Glyceridae, Eunicidae, Stauronereidae, and Ophelidae. *Univ. California Publ. Zool.*, 43: 93–111.
- Hartmann, O. (1939). New species of polychaetous annelids from southern California. *Allan Hancock Pac. Exped.*, 7: 1–155.
- Hartmann, O. (1944). Polychaetous annelids. Part V. Eunicia. *Allan Hancock Pac. Exped.*, 10(1).
- Hartmann, O. (1949). The marine annelids erected by Kinberg with notes on some other types in the Swedish State Museum. *Ark. Zool. Svenska Vet.*, 42A(1): 1–137.
- Hartmann, O. (1950). Goniadidae, Glyceridae, and Nephyidae. *Allan Hancock Pac. Exped.*, 15(1).
- Hartmann, O. (1968). *Atlas of the Errantiate Polychaetous Annelids from California*. Allan Hancock Found. Univ. South. Calif. Los Angeles, 828 pp.
- Hartmann, O. (1969). *Atlas of the Sedentariate Polychaetous Annelids from California*. Allan Hancock Found. Univ. South. Calif. Los Angeles, 812 pp.
- Hernández-Alcántara, P. (1992). *Los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la plataforma continental del Golfo de California, México. Taxonomía, abundancia numérica, y distribución geográfica*. Tesis de maestría, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México DF.
- Hernández-Guevara, N.A. (1997). *Distribución y abundancia de los poliquetos sedentarios (Annelida: Polychaeta) de fondos blandos en relación con la central termoeléctrica "Petacalco" (Bahía Petacalco, Guerrero, México)*. Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México.
- Kassens, H. and Karpiv, V.Y. (1994). Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea. *Ver. Polarforsch. Rep. Polar Res. Bremerhaven Alfred Wegener Inst. für Polar und Meeresforschung*, 168 pp.
- Khalanski, P., Gosse, P. and Gras, R. (1982). Impacts des Équipements thermiques et hydrauliques de production d'électricité sur les écosystèmes aquatiques. *Mém. XVII Journées de l'Hydraulique*, pp. 3–8.

- Kousky, V.E. (1993). Seasonal climate summary. The global climate of December 1991–February 1992: Mature phase warm (ENSO) episode conditions. *J. Climate*, 6(8): 1639–1655.
- Kudenov, J.D. (1975a). Errant polychaetes from the Gulf of California. *J. Nat. Hist.*, 9: 65–91.
- Kudenov, J.D. (1975b). Sedentary polychaetes from the Gulf of California. *J. Nat. Hist.*, 9: 205–231.
- Kudenov, J.D. (1980). Annelida Polychaeta (Bristle-worms). In: R.C. Brusca (ed.), *Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California*, pp. 77–122.
- Lara-Zúñiga, C.A. (1997). Diseño de la protección catódica para los condensadores de las unidades 1 y 2 de la C.T. Plutarco Elías Calles. *Tecnolab. XIII*(71): 18–24.
- Lechuga-Déveze, C.H., López-Cortés, D.J. Murgía, J., Murillo-Murillo, I., Hernández-Sandoval, F., Hernández-Alfonso, J.R. y Mendoza-Salgado, R.A. (1999). Variabilidad temporal de un área litoral sujeta a la influencia del Río Balsas. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 49: 173–181.
- Lepš, J. and Šmilauer, P. (2003). *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge Univ. Press, 300 pp.
- Mann, K.H. and Lazier, J.R.N. (1991). *Dynamics of Marine Ecosystems. Biological-physical Interactions in the Oceans*. Blackwell. Sci. Publ., Boston, 466 pp.
- Montaño-Ley, Y., Gutiérrez-Estrada, M. y Aldeco-Ramírez, J. (1989). Dinámica de playas del Río Balsas, México. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nal. Autón. Méx.*, 16(1): 17–32.
- Morales-de la Garza, E.A., Carranza-Edwards, A. y Márquez-García, A.Z. (1988). Distribución y evolución de sedimentos superficiales del delta del Río Balsas, Michoacán, México. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nal. Autón. Méx.*, 15(2): 95–104.
- Nakagawa, M., Kurifuji, K., Noda-Sekine, K., Takashiba, Y. and Sekine, Y. (1994). Vertical distributions of temperature, salinity and density in Owase Bay. *Bull. Fac. Bioresour. Mie Univ.*, 12: 187–207.
- Patterson, E. and Ayyakkannu, K. (1992). Benthic macrofauna of Coleroon Estuary, south-east coast of India. *Res. Bull. Phuket Mar. Biol. Cent.*, 57: 67–76.
- Pettibone, M.H. (1963). Revision of some genera of polychaete worms of the family Spionidae, including the description of a new species of *Scolelepis*. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 76: 89–104.
- Pettibone, M.H. (1971). Partial revision of the genera *Sthenelais* Kinberg (Polychaeta: Sigalionidae) with diagnoses of two new genera. *Smithson. Contrib. Zool.*, 109: 1–40.
- Reimnitz, M. and Gutiérrez-Estrada, M. (1970). Rapid changes in the head of the Río Balsas submarine canyon system, Mexico. *Mar. Geol.*, 8: 245–258.
- Rioja, E. (1941). Estudios anelidológicos. III. Datos para el conocimiento de la fauna de poliquetos de las costas del Pacífico de México. *An. Inst. Biol. Univ. Aut. Méx.*, 12(2): 669–746.
- Rioja, E. (1962). Estudios anelidológicos. XXVI. Algunos anélidos poliquetos de las costas del Pacífico de México. *An. Inst. Biol.*, 33: 131–229.
- Rioja, E. (1974). Estudios anelidológicos. XVIII. Observaciones y datos sobre algunos anélidos poliquetos del Golfo de California y costas de Baja California, México. *An. Inst. Biol.*, 18: 517–526.
- Rodríguez-Valencia, J.A. (1997). Análisis de los poliquetos errantes (Annelida: Polychaeta) en relación con la instalación de la central termoeléctrica Petacalco, Guerrero, México. Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México.
- Salazar-Vallejo, S.I. (1981). La colección de poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL, México. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Sangyshev, E.Z., Rubinstein, I.G., Solotarev, P.N. y Nitvinenko, N.M. (1986). Variations in the structure of the Black Sea benthos under anthropogenic effects. In: D.E. Gershanovich (ed.), *Man-induced Effects on Marine Coastal Ecosystems*. Moska-USSR VNIRO. Moscow, pp. 52–71.
- Sekine, Y., Nakagawa, M., Kurifuji, K., Noda, N. and Tashiba, Y. (1993). Horizontal distributions of temperature and salinity in Owase Bay. *Bull. Fac. Bioresour. Mie Univ.*, 11: 113–144.
- Stora, G., Arnoux, A. and Galas, M. (1995). Time and spatial dynamics of Mediterranean lagoon macrobenthos during an exceptional prolonged interruption of freshwater inputs. In: G. Balvai (ed.), *Space Partition within Aquatic Ecosystems*. II Int. Congress Limnol. *Oceanogr. Evian*, pp. 123–131.
- Tarazona, J., Arntz, W.E. and Valle, S. (2002). Impacts of El Niño events on the coastal benthos of the Eastern Pacific upwelling systems. *Invest. Mar.*, 30(1): 127–128.
- Uebelacker, J.M. and Johnson, P.G. (eds.) (1984). *Taxonomic Guide to the Polychaetes of the Northern Gulf of Mexico*. Barry A. Vittor, Mobile, Vol. 7.