

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU



Boletín
Volumen extraordinario



Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH

Editores:

Wolf Arntz
Programa Cooperativo
Peruano-Alemán de
Investigación Pesquera
(PROCOPA)

Antonio Landa
Instituto del Mar
del Perú
(IMARPE)

Juan Tarazona
Universidad
Nacional Mayor
de San Marcos
(UNMSM)

«El Niño» Su Impacto en la Fauna Marina

Conferencias del Symposium
“El fenómeno «El Niño» y su impacto en la fauna marina”
dentro del
Noveno Congreso Latinoamericano de Zoología
Arequipa, Perú, 9 – 15 Octubre 1983

Callao – Perú, 1985

Cambios de los Factores Ambientales, Macrobentos y Bacterias Filamentosas en la Zona de Mínimo de Oxígeno frente al Perú durante «El Niño» 1982 – 1983

WOLF E. ARNTZ, LUIS A. FLORES, MANUEL MALDONADO y GUIDO CARBAJAL

Programa Cooperativo Peruano-Alemán de Investigación Pesquera (PROCOPA) e Instituto del Mar del Perú, Apartado 22, Callao, Perú

Resumen. «El Niño» (EN) 1982–1983, mucho más fuerte que sus antecesores, ha causado cambios notables en el sistema béntico de la plataforma peruana. Los cambios consisten principalmente en un aumento de las temperaturas y de los valores de oxígeno cerca de los fondos, cambios que han mejorado sustancialmente las condiciones de vida en la zona de mínimo de oxígeno. El mejoramiento tuvo un impacto favorable en la productividad del bentos (especialmente de los poliquetos y nemertinos) de la zona central. Este efecto, sin embargo, se sintió principalmente en la primera fase de EN y parece haber sido de poca duración. Es probable que también haya influido de manera positiva en el desarrollo de las poblaciones de peces demersales.

Los cambios en la biomasa y densidad de los diferentes grupos del macrobentos y en la biomasa de las bacterias filamentosas se demuestran a base de 225 muestras bénticas provenientes de 8 posiciones fijas a 50 y 100 m de profundidad entre Zorritos (3°45'S) y San Juan (15°20'S), que se estudiaron entre octubre de 1980 y junio de 1981 y nuevamente durante EN 1982–1983. Los datos biológicos se completan y correlacionan con datos oceanográficos e información sobre el contenido orgánico de los sedimentos, tomados durante los mismos períodos.

Changes of Environmental Factors, Macrobenthos and Filamentous Bacteria in the Oxygen Minimum Zone off Peru during «El Niño» 1982 – 1983

Summary. «El Niño» 1982–1983, much more intense than its antecedents, caused many notable changes in the benthic system of the Peruvian continental shelf. The changes were due primarily to an increase in temperature and oxygen values near the seafloor, less to the decrease of salinity, and have considerably improved the conditions of life in the oxygen minimum zone. This improvement has had a favorable impact on benthic productivity (especially polychaetes and nemerteans) off central Peru; however, it occurred principally

during the initial phase of EN and does not appear to have lasted long. It is probable that it may also have positively affected the development of the demersal fish populations.

The changes in biomass and density of the different groups of macrobenthos, as well as in the biomass of filamentous bacteria, were studied on the basis of benthic samples obtained from 8 fixed positions of 50 and 100 m depth between Zorritos (3°45'S) and San Juan (15°20'S) from October 1980–June 1981 and again during EN 1982–1983. The biological data was completed and correlated with oceanographic data and information on the organic content of the sediments taken during the same periods.

Introducción

Desde el año 1980, IMARPE y PROCOPA han hecho varias investigaciones del macrobentos y de las bacterias filamentosas en la plataforma peruana y el talud continental. En estas investigaciones también se incluyó el estudio de factores ambientales, principalmente las temperaturas y el oxígeno en los fondos, y de los sedimentos. La información existente previa a estos trabajos se resumió en Rosenberg *et al.* (1983), junto con algunos datos del año 1981. Datos más recientes se presentaron en el VII Congreso Nacional de Biología (FLORES *et al.*, 1982; TARAZONA *et al.*, 1982; ARNTZ *et al.*, 1982); varias publicaciones están en preparación.

Los trabajos efectuados hasta ahora muestran que el macrozoobentos de la plataforma y del talud continental frente al Perú se caracteriza por un número reducido de especies, alta dominancia de pocas especies y una mediana o baja biomasa, lo que a primera vista es sorprendente si se toma en cuenta la alta producción primaria. Entre Puerto Pizarro y San Juan, la biomasa promedio en 1980–1981 se calculó en 0,9 g C m⁻² para profundidades entre 30 y 400 m lo que corresponde casi al doble del valor calculado por ROWE (1981) para 10

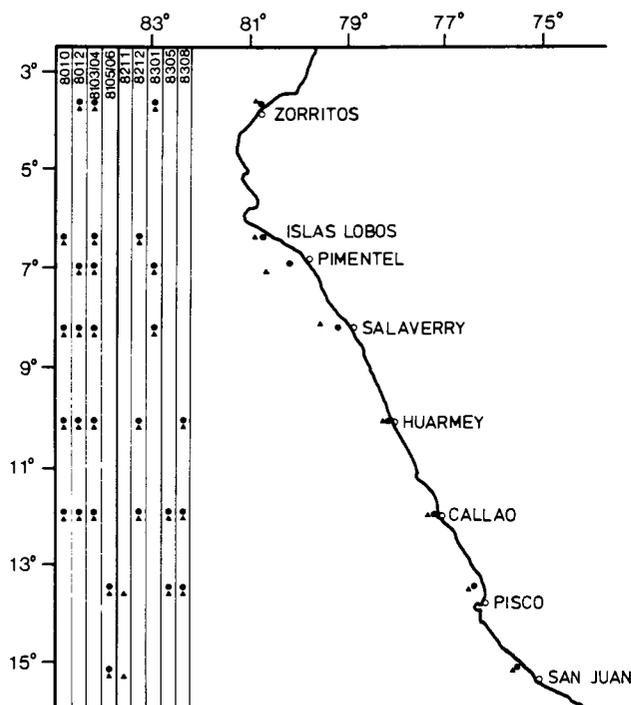


Fig. 1. Número y lugar de las muestras de bentos a las que se refiere el trabajo. ● 50 m, ▲ 100 m de profundidad.

años atrás. Las bacterias filamentosas tenían una biomasa igual a la del macrobentos.

Hay diferencias latitudinales en las concentraciones de oxígeno en los fondos y en la intensidad de afloramiento. Al norte de los 6°30', la biomasa y diversidad de especies están más altas, como consecuencia de valores mayores de oxígeno en esta zona. En la parte central de la costa, el macrobentos está muy reducido, mientras los valores están otra vez mejores en el sur, frente a San Juan. Las bacterias filamentosas alcanzan valores máximos en algunos centros de afloramiento, pero no existen al norte de los 6°30' y también están reducidas en la parte central, aparentemente por valores de oxígeno ya demasiado bajos.

Otras variaciones se relacionan con la profundidad. Contrariamente al esquema normal, en el que el macrobentos disminuye con el aumento de la profundidad, los valores más bajos de biomasa frente al Perú se encuentran en una zona mediana entre 20 (en áreas expuestas, 40) y 700 m de profundidad; encima y debajo de esta zona son relativamente altos, lo que coincide bien con los valores de oxígeno en el fondo. Altos valores de las bacterias filamentosas se encuentran entre 30 y aproximadamente 300 m, donde los valores de O_2 son generalmente bajos (la mitad menores de $0,4 \text{ ml l}^{-1}$) y en los sedimentos con ácido sulfídrico. En algunos casos, por ejemplo frente a San Juan, tanto los valores de biomasa macrobéntica como de las bacterias son altos y coinciden a menudo con valores de O_2 mayores de 1 ml l^{-1} .

Tenemos muy poca información sobre los cambios que pudiera haber sufrido este panorama en Niños precedentes al de 1982–1983. Hay ciertas indicaciones

(ROMANOVA, 1972) que en tal caso habría aumentado el oxígeno en los fondos debido a un incremento de las corrientes, principalmente de la Cromwell, y que también podría haber ocurrido una sedimentación menor de materia orgánica por la producción reducida en la capa eufótica (WALSH, 1981). Además, hay enormes cantidades de conchas de ciertos bivalvos (*Pitar catharius*) y caracoles (*Nassarius gayi*) en muchas posiciones bénticas que apenas pueden explicarse con la poca biomasa y producción de estas especies en tiempos normales, implicando un desarrollo rápido y oportunista en el caso de un mejoramiento de las condiciones que podría traer EN.

Durante EN 1982–1983, que parece haber sido el más fuerte de este siglo, se registraron cambios profundos en todo el sistema de afloramiento. Contando con una base de datos de los años anteriores desarrollamos la idea de un monitoreo durante el fenómeno en diferentes posiciones fijas a lo largo de la costa. Sin embargo, la escasez de viajes de exploración permitió sólo la toma de muestras ocasionales en las partes profundas mientras si fue posible efectuar un muestreo más continuo en las partes someras de la Bahía de Ancón (TARAZONA *et al.*, este volumen) y de la Bahía de Santa María (ARNTZ *et al.*, en preparación). En este trabajo, nos restringimos a 16 posiciones fijas, a 50 y 100 m, en 8 lugares de la zona de mínimo de oxígeno entre Zorritos y San Juan, donde podían esperarse cambios importantes durante la presencia de EN. El muestreo no fue de ninguna manera completo ya que las muestras tenían que tomarse en forma accidental en los viajes de pesca, pero darán una cierta idea de los acontecimientos antes y durante un EN extraordinario.

Material y Métodos

Las muestras, 225 en total, se tomaron a 50 y 100 m en 8 posiciones fijas frente a la costa: Zorritos, Islas Lobos, Pimentel, Salaverry, Huarney, Callao, Pisco y San Juan.

Las coordenadas de los diferentes lugares y el número de muestras por muestreo están resumidas en la Fig. 1 y Tabla 1. Se usaron una draga Van Veen de $0,1 \text{ m}^2$ y una malla de 1 mm para el tamizado. De cada muestra se consideró una submuestra de aproximadamente 200 cm^3 para fines de granulometría (estos datos no se usan en el presente trabajo) y para determinar el contenido orgánico total y el carbón orgánico según la metodología de DEAN (1974).

Como se notará en la Tabla 1, el número previsto de 5 dragadas por estación no fue alcanzado en muchos casos debido a la escasez de tiempo en los diferentes cruceros y la baja prioridad que tenían los muestreos de bentos dentro del programa del IMARPE. En algunos casos (cruceros 8103/04, 8105/06 y 8211) posteriormente fueron incluidas muestras que se habían recolectado dentro de otros programas. El lugar de muestreo dependía de los cruceros que hizo el BIC «Humboldt» lo que explica la poca continuidad en

Tabla 1. Número de muestras bénticas consideradas en esta publicación (dragas Van Veen, 0,1 m²)

	Coordenadas	Fuera de El Niño				Dentro de El Niño				
		8010	8012	8103/04	8105/06	8211	8212	8301	8305	8308
Zorritos	50 m 03°39' 80°46'		3	1				3		
	100 m 03°36' 80°54'		3	1				3		
Islas Lobos	50 m 06°21' 81°49'	10		1			5			
	100 m 06°21' 80°57'	10		1			5			
Pimentel	50 m 06°56' 80°13'		3	1				3		
	100 m 07°05' 80°44'		4	1				3		
Salaverry	50 m 08°12' 79°16'	10	3	1				5		
	100 m 08°07' 79°39'	10	3	1				5		
Huarmey	50 m 10°06' 78°12'	10	3	1			5			3
	100 m 10°06' 78°15'	10	3	1			3			4
Callao	50 m 12°00' 77°13'	10	3	1			5		3	5
	100 m 12°02' 77°17'	10	3	1			3		3	5
Pisco	50 m 13°24' 76°19'				3				3	5
	100 m 13°27' 76°25'				3	2			3	5
San Juan	50 m 15°04' 75°26'				3					
	100 m 15°05' 75°28'				2	2				

algunos casos; una excepción fueron los datos de los cruceros 8305 y 8308 que se tomaron a bordo de bolicheras y de una embarcación de la Marina. La Fig. 2 da una idea de la variabilidad de las muestras en algunos lugares, demostrando que en general no hay gran variación en el número y la biomasa del total de macrobentos y de los poliquetos donde éstos están bien representados, pero que si hay una variabilidad alta en las posiciones con poca fauna y en los grupos taxonómicos de menor importancia como los moluscos, los crustáceos y «otros» (que representan nemertinos, equinodermos, forónidos y sipuncúlidos). Los nemátodos, aunque comunes en algunas muestras, fueron excluidos del macrobentos al igual que los eufáusidos, copépodos, ostrácodos, huevos de peces y peces. Aunque una malla de 1 mm ciertamente no es ideal para recolectar las bacterias filamentosas, las cifras de éstas se consideran representativas ya que los filamentos largos en general no pasan por el tamiz.

De la mayoría de los cruceros del BIC «Humboldt» existen datos sobre temperatura, oxígeno y salinidad no

sólo de la superficie sino en muchos niveles de la columna de agua y de los fondos. De esta manera se puede comparar una situación «normal», o fuera de EN, y la situación dentro del presente EN que empezó a sentirse fuertemente a partir de noviembre de 1982. En algunos casos se usa también informaciones de la red de estaciones fijas a lo largo de la costa peruana y de otros buques, tanto de la Marina como de investigaciones oceanográficas.

Resultados

1. Factores ambientales

La fase inicial de EN 1982–1983 empezó a desarrollarse frente a la costa peruana — más temprano que en otros casos — a partir de setiembre de 1982, con un calentamiento de 2 a 3 °C por encima del promedio. Recién a partir de noviembre y diciembre de 1982, se produjo el calentamiento extraordinario con anomalías positivas entre 3 y 7 °C y un debilitamiento de los

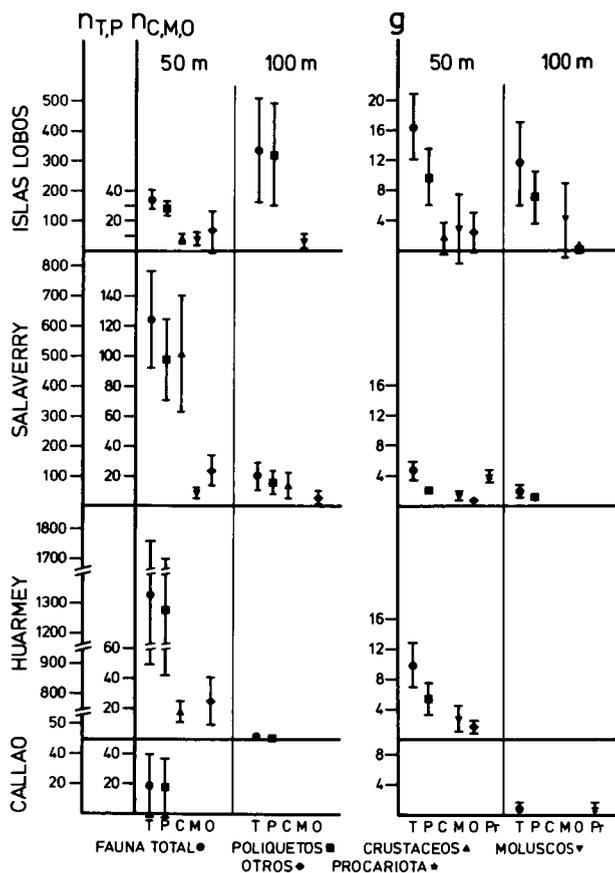


Fig. 2. Variabilidad (desviación estándar) de diferentes grupos taxonómicos en 10 muestras de la draga Van Veen (octubre 1980).

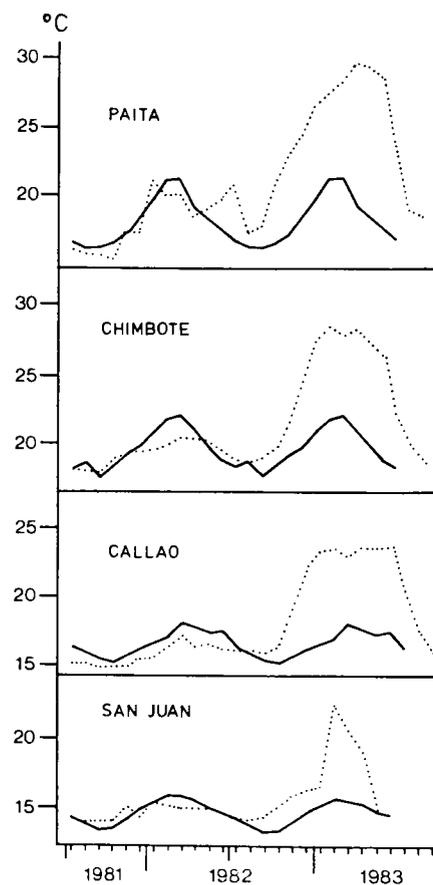


Fig. 3. Temperaturas superficiales en 4 lugares de la costa peruana. Se comparan el promedio de largo plazo (—) y los valores entre julio 1981 y octubre 1983 (---).

procesos de afloramiento. En enero, las aguas ecuatoriales de altas temperaturas habían progresado en forma de dos lenguas, una oceánica hasta los 14°S y una costera hasta los 7°S, formando una capa de 50 m de espesor y calentando inclusive la capa de abajo que hasta los 80 m de profundidad tuvo una temperatura mayor a 24 °C. Entre febrero y abril permanecieron las aguas ecuatoriales hasta los 7°S por el área costera y hasta los 10°S por el eje de los 83–85°W. Estas aguas se caracterizaron por tener temperaturas entre 4 y 7 °C por encima del promedio aunque en el sur hubo un repliegue del calentamiento a partir de marzo. El calentamiento continuó hasta fines de abril, incluso con un avance de la lengua costera hacia los 10°S, y alcanzó en la zona norte las desviaciones más altas frente al promedio (> 10 °C) antes de disminuir paulatinamente de intensidad, proceso que duró hasta fines de junio. En abril y mayo se observó afloramiento de aguas subtropicales superficiales con altas temperaturas, alto contenido de salinidad y pocos nutrientes (MALDONADO, 1983; GUILLEN *et al.*, este volumen). — El desarrollo de la temperatura superficial en 6 lugares de la costa durante EN se resume en la Fig. 3.

Mientras la mayoría de las observaciones se hace en la capa superficial, lo más interesante para el bentólogo

son los cambios cerca de los fondos. Los datos de temperatura tomados por el BIC «Humboldt» en épocas normales y de EN (Fig. 4) muestran que durante EN la capa superficial se calienta hasta 200 m, en algunos casos hasta 300 m de profundidad; de allí en adelante las temperaturas permanecen casi iguales. El calentamiento disminuye con la profundidad; por ejemplo, una diferencia de 8 °C en la superficie corresponde a un calentamiento de solo 2 °C ca 100 m de profundidad. Frente al Callao, la temperatura superficial a inicios de EN (noviembre 1982) fue 7 °C mayor a la medida en agosto de un año normal (1980); normalmente no hay diferencia entre los dos meses. Todavía a 120 m de profundidad, la temperatura correspondió a la encontrada normalmente en la superficie.

También hay marcadas diferencias en lo que se refiere al oxígeno; sin embargo, partiendo de valores más o menos iguales en la superficie las diferencias se notan recién de 40–50 m de profundidad hacia abajo y terminan en el borde de la plataforma continental, entre 150 y 250 m de profundidad. Los cambios se presentaron en forma más notable en la costa central. Por ejemplo, frente a Huarmey el oxígeno llega en años normales a valores sumamente bajos (menores de 0,5 ml l⁻¹) aproximadamente a 50 m de profundidad,

Tabla 2. Condiciones normales versus «El Niño» (cruceos «Humboldt» 8103/04:8212/8301) Callao — Frontera Norte, Profundidad 25–360 m

Zona latitudinal	Zona de profundidad	Temperatura °C				Oxígeno ml l ⁻¹				Número de estaciones*		Observaciones			
		Superficie		Fondo		Superficie		Fondo							
		8103/04	8212/8301	8103/04	8212/8301	8103/04	8212/8301	8103/04	8212/8301	8103/04	8212/8301				
I 03°	-06° 30'	≤ 100 m	20,4	28,7	16,0	25,5	4,49	5,03	1,05	3,64	16	7			
		101–200 m			14,9	17,0			0,89	1,88				2	4
		≥ 201 m			12,5	11,3			0,65	0,29**				2	2
II 06° 30'–08°	101–200 m	≤ 100 m	18,8	26,1	15,4	23,7	5,69	5,09	0,46	3,46	17	13			
		101–200 m			14,8	19,6			0,45	2,42				12	3
		≥ 201 m			11,6	13,0			0,40	0,83				3	4
III 08°	-10°	≤ 100 m	19,1	26,0	15,2	22,9	5,49	5,08	0,42	2,92	24	13			
		101–200 m			14,6	20,9			0,46	2,43				33	9
		≥ 201 m			13,1	—			0,39	—				3	0
IV 10°	-12°	≤ 100 m	18,2	26,1	14,9	21,6	5,31	4,93	0,50	2,89	3	3			
		101–200 m			14,3	20,1			0,50	2,30				10	7
		≥ 201 m			13,1	15,8			0,30	1,17				2	1

* Se da sólo el número de estaciones donde se tomaron todas las muestras; para valores de superficie el número era mayor (total: 75 en 8212/8301).

Tabla 3. Temperatura y oxígeno cerca al fondo frente al Callao y Pisco (1983)

	Profundidad	Temperatura °C mayo 1983	Oxígeno ml l ⁻¹	Profundidad	Temperatura °C agosto 1983	Oxígeno ml l ⁻¹
Callao	57 m	22,6	2,86	50 m	16,2	1,82
	100 m	20,4	2,26	100 m	15,4	0,71
Pisco	50 m	22,4	2,23	50 m	15,8	2,02
	98 m	20,3	1,96	100 m	14,8	1,72

Tabla 4. Materia orgánica total (%) en los sedimentos antes (1980/81) y dentro de El Niño (1982/83)

		Fuera de EN				Dentro de EN				
		8010	8012	8103/04	8105/06	8211	8212	8301	8305	8308
Zorritos	50 m		9,560	7,470				8,184		
	100 m		16,945	3,150				7,518		
Islas Lobos	50 m	7,784		3,610			2,364	2,732		
	100 m	11,210		2,590			2,682	11,056		
Pimentel	50 m		4,927	2,270				2,632		
	100 m		7,970	3,330				10,203		
Salaverry	50 m	5,354	7,882	3,220				12,075		
	100 m	4,200	4,927	4,190				8,004		
Huarney	50 m	7,186	2,864	12,620			9,095			12,781
	100 m	12,931	4,797	6,650			12,601			8,192
Callao	50 m	16,254	12,042	17,500			13,677		16,779	14,094
	100 m	14,110	14,307	12,710			14,786		14,378	19,641
Pisco	50 m				7,320					9,823
	100 m				15,300					7,037
San Juan	50 m				9,740					11,216
	100 m				10,340					18,877

mientras que en diciembre del año 1982 estos valores se encontraron a 200 m.

Por otro lado, hay que tomar en cuenta que las curvas mostradas en la Fig. 4, provienen de datos obtenidos en media agua. Tenemos algunos datos tomados muy cerca (menos de 1 m) del fondo que pueden aclarar los cambios en diferentes profundidades. Comparando los

cruceos 8103/04 y 8212/8301 del BIC «Humboldt» (Tabla 2) se nota que las diferencias de temperatura a ≤ 100 m de profundidad corresponden a las medidas en la superficie, o sea estuvieron alrededor de 7–8 °C (la diferencia normal entre enero y marzo es de 1–2 °C). Entre 100 y 200 m ya son menores, entre 3 y 6 °C, y en profundidades mayores de 200 m son de 2 °C como

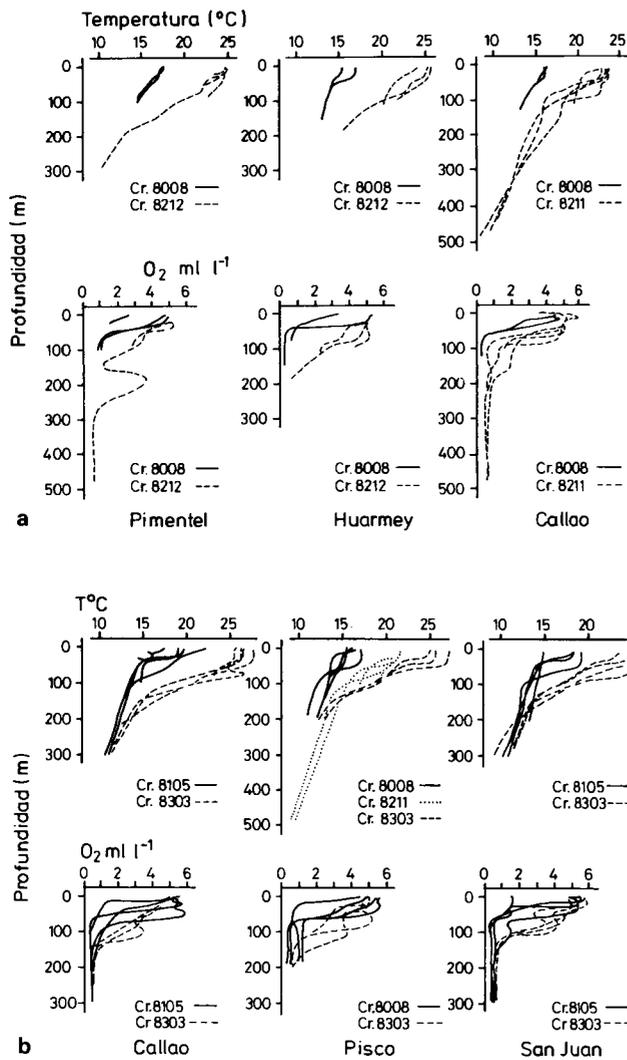


Fig. 4a y b. Cambios de temperatura y oxígeno de las aguas peruanas con la profundidad frente a 5 lugares de la costa en épocas normales (—) y durante «El Niño» (---) 1982-83. Se usan datos de diferentes cruceros del BIC «Humboldt» y se comparan los meses más cercanos en cada uno de los casos.

máximo. Con el oxígeno, se registraron valores mayormente más bajos en la superficie durante EN, pero — con la excepción de dos estaciones profundas — valores mucho más altos en los fondos que alcanzaron entre 3 y 7 veces más altos que en épocas normales.

Para Pisco y Callao también existen valores para mayo (segundo pico de EN) y agosto 1983, cuando ya se sintió fuertemente el repliegue de las anomalías (Tabla 3). Se nota claramente en las temperaturas que de marzo a agosto caen de aproximadamente 22° a 16°C a los 50 m y de aproximadamente 20° a 15°C a los 100 m de profundidad. Se nota menos en los valores de oxígeno que en mayo se quedan más o menos iguales que en marzo (véase Tabla 2) y que demuestran valores todavía inusualmente altos, aunque menores en agosto. Hay que asumir que la duración del aumento del oxígeno no se restringe a la época de altas temperaturas y del aporte de aguas norteñas u oceánicas, sino que continúa algún tiempo después.

A excepción del extremo norte del Perú donde las fuertes lluvias durante EN causaron un aporte mucho mayor de los ríos al ambiente marino y así una disminución de la salinidad en áreas cerca a la costa, las variaciones de estos valores se quedaron generalmente dentro del 1‰. Opinamos que este valor (aunque será de importancia para la identificación de diferentes masas de agua y para algunos organismos planctónicos), es insignificante para el bentos de fondos profundos; por lo tanto, no vamos a considerar la salinidad en el presente trabajo.

2. Sedimento

Los porcentajes de materia orgánica total se presentan en la Tabla 4. No se nota ninguna tendencia hacia valores más bajos o altos durante EN; pero como las fechas de muestreo coinciden raras veces, hay poca comparabilidad.

Tabla 5. Número de individuos de nemátodos ($n \cdot 0,1 m^{-2}$)

		8010	8012	8103/04	8105/06	8211	8212	8301	8305	8308
Zorritos	50 m		0	1				0		
	100 m		0	0				0		
Islas Lobos	50 m	0		0			0			
	100 m	0		0			1			
Pimentel	50 m		0	4				0		
	100 m		0	2				0		
Salaverry	50 m	5	0	106				11		
	100 m	0	0	0				1		
Huarmey	50 m	6	0	0			39			113
	100 m	1	0	0			51			116
Callao	50 m	0	0	0			76		1	30
	100 m	0	0	50			115		45	98
Pisco	50 m				5				2	26
	100 m				29	71			53	13
San Juan	50 m				8					
	100 m				1	14				

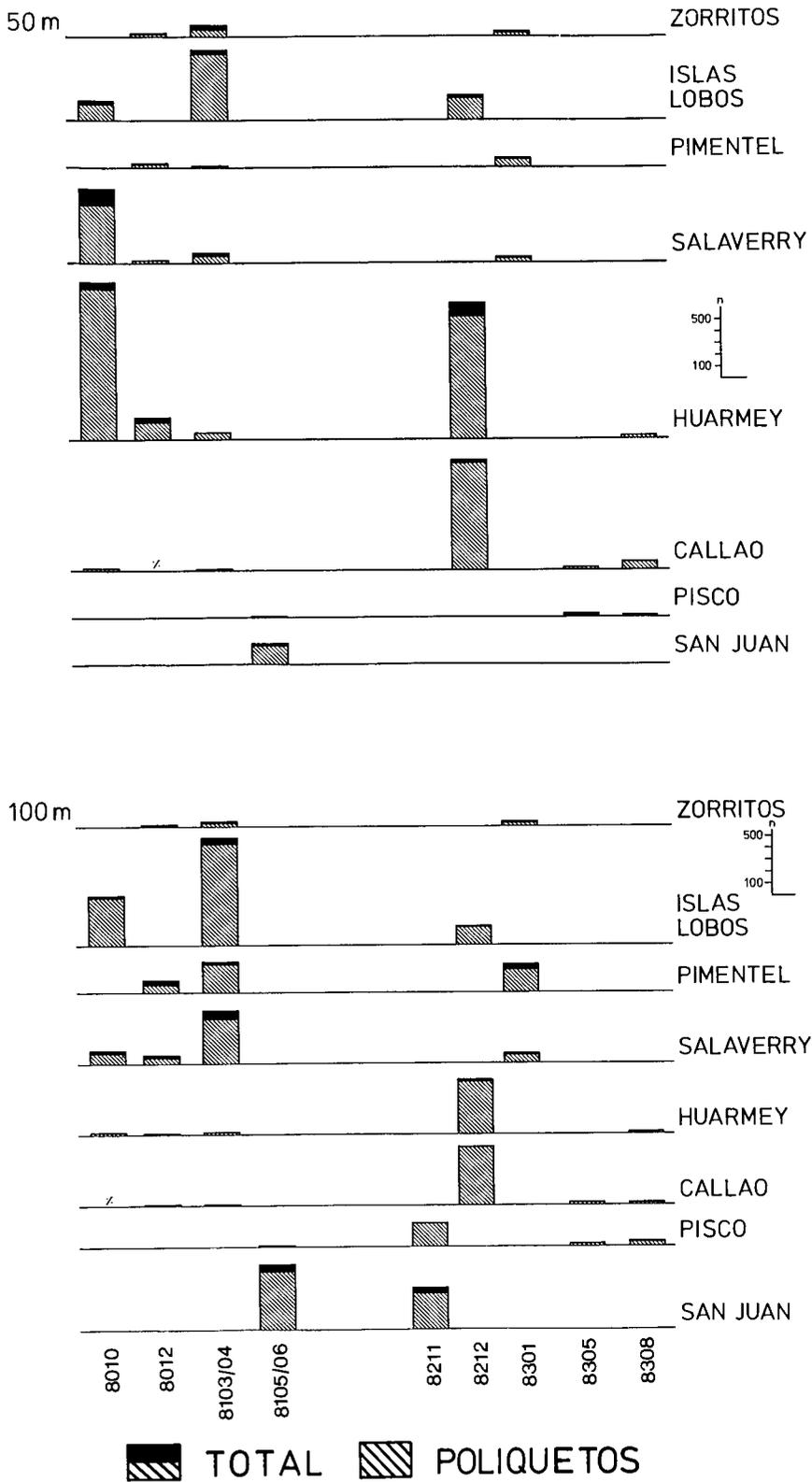


Fig. 5. Densidad del macrobenetos (total) y de poliquetos en épocas normales (octubre de 1980 a junio de 1981) y durante EN (noviembre de 1982 a agosto 1983), a 50 y 100 metros de profundidad.

3. Macrozoobentos

El macrobenetos reveló un desarrollo distinto en las diferentes posiciones de muestreo. La densidad (Figs. 5 y 6) quedó igual o bajó durante EN 1982–1983 en las estaciones del norte hasta Salaverry, sólo frente a Pimentel se registró una densidad mayor a los 100m.

Frente a Huarmey y Callao hubo un fuerte aumento en la fase inicial de EN, con muy altas densidades de poliquetos y nemertinos. Sin embargo, se obtuvo un alto valor del macrozoobentos en Huarmey (50m) en el crucero 8010 cuando no hubo ningún EN. No obstante, la densidad bajó otra vez ya dentro de EN a pesar de que el oxígeno mantuvo cifras altas (ver Tabla 3) siendo esta

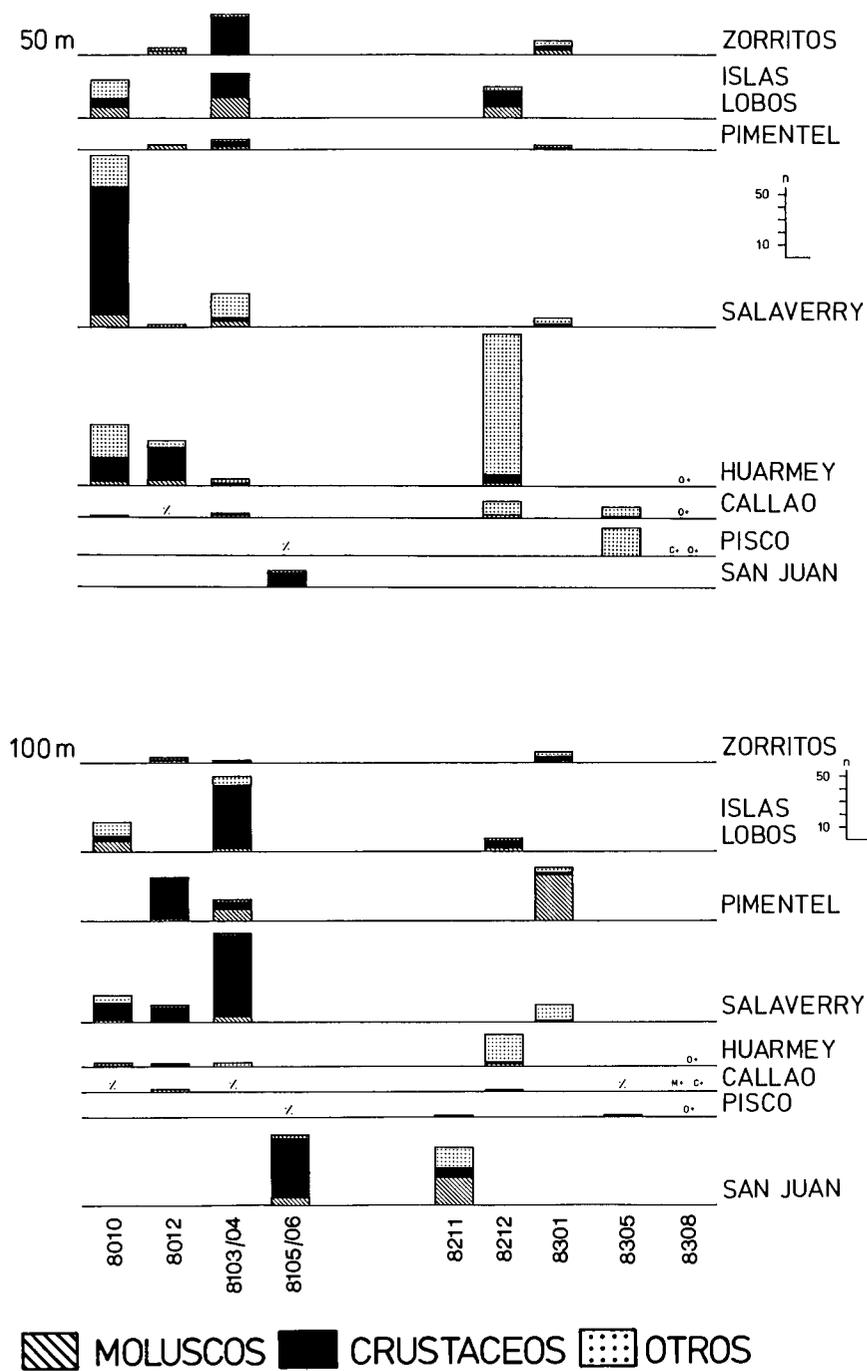


Fig. 6. Densidad de moluscos, crustáceos y «otros» en épocas normales y durante EN 1982–83.

disminución mayor en Huarney que en Callao. Frente a Pisco también hubo un aumento en la abundancia del macrobentos que se presentó a los 100 m antes que a los 50 m. Para San Juan no hay comparación para los 50 m dentro de EN. Para los 100 m el valor en la fase inicial de EN es menor.

En todas las estaciones los poliquetos fueron el grupo taxonómico que más influyó en los cambios de densidad. También aumentaron los nemertinos, tal vez como consecuencia del desarrollo de los poliquetos que les servirían como alimento. Los crustáceos no han aumentado de ninguna manera durante EN; al contrario,

en muchos casos han disminuido. Una sorpresa fue la falta de un incremento de los moluscos que solamente a los 100 m frente a Pimentel y San Juan aumentaron un poco su densidad, pero se quedaron incluso con menor número en la mayoría de las estaciones.

La biomasa de los macrobentos refleja una imagen muy parecida a la densidad (Figs. 7 y 8). En el norte (Zorritos, Islas Lobos) las biomásas dentro de EN fueron menores. En Pimentel permanecieron más o menos iguales, en Salaverry disminuyeron. Frente a Huarney, Callao y Pisco hubo un aumento de la biomasa, posiblemente también frente a San Juan

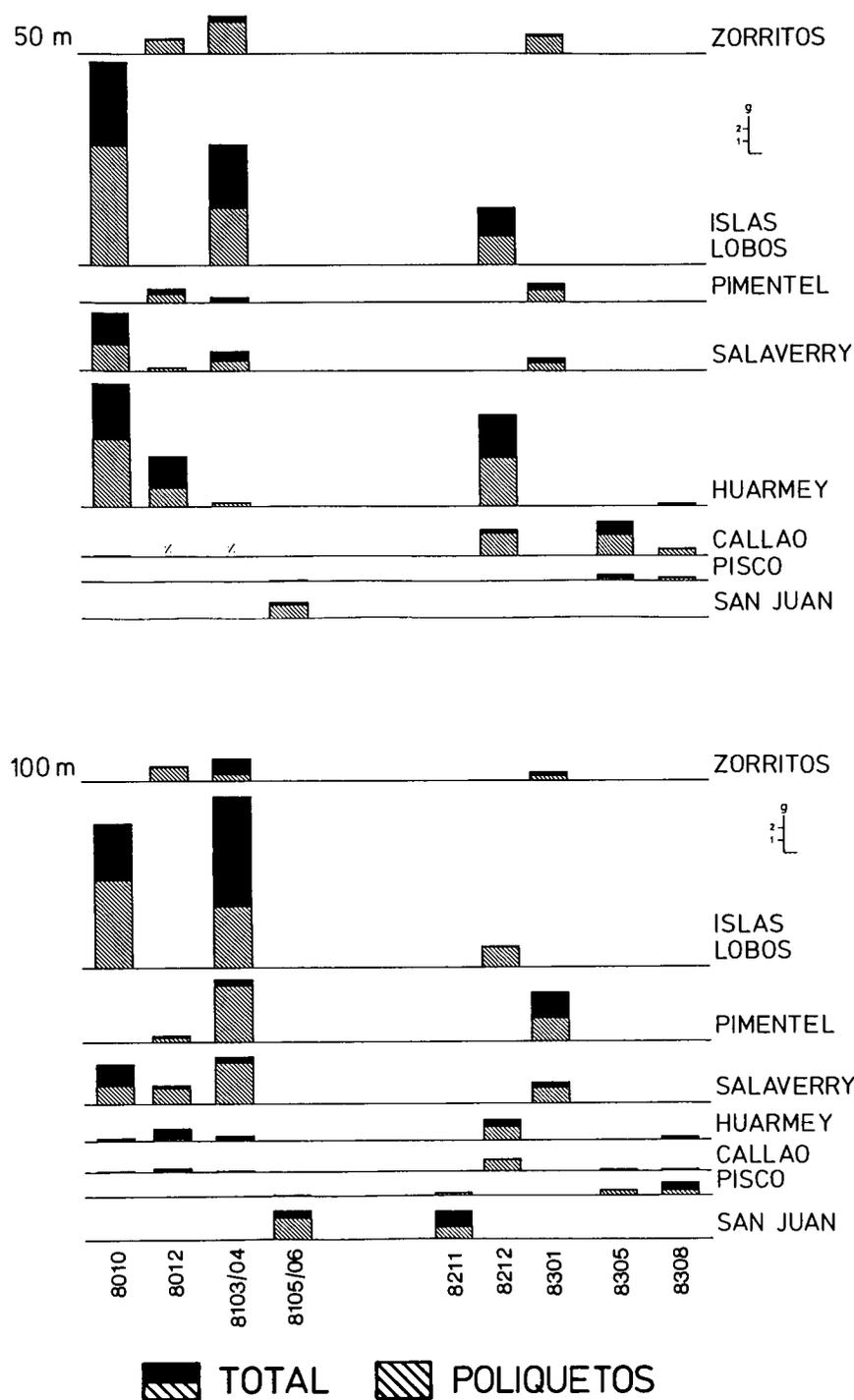


Fig. 7. Biomasa del macrobentos (total) y de poliquetos en épocas normales y durante EN 1982 – 83.

(100 m). Otra vez son los poliquetos y nemertinos que contribuyeron en gran parte a los incrementos del peso de la macrofauna.

4. *Nemátodos*

A pesar que el muestreo se hizo para el estudio del macrobentos y, consecuentemente, con una malla de 1 mm, en algunos casos se separaron cantidades apreciables de nemátodos. La información no es completa, pero indica un aumento de la densidad de estos organismos dentro de EN en la zona central (Callao, Huarমেy) y sur (Tabla 5).

5. *Bacterias filamentosas*

Como para los nemátodos, se debe indicar que el muestreo fue diseñado principalmente para el estudio de la macrofauna. El uso de una malla de 1 mm significa que las biomásas reales podrían ser más grandes que las registradas. Por otro lado, como siempre se ha utilizado la misma metodología, la comparación de las biomásas en diferentes fechas parece justificada.

En el norte del litoral no hay *Thioploca* (Fig. 9), hecho que ya fue mencionado por ROSENBERG *et al.* (1983). Frente a Pimentel hubo una sola muestra

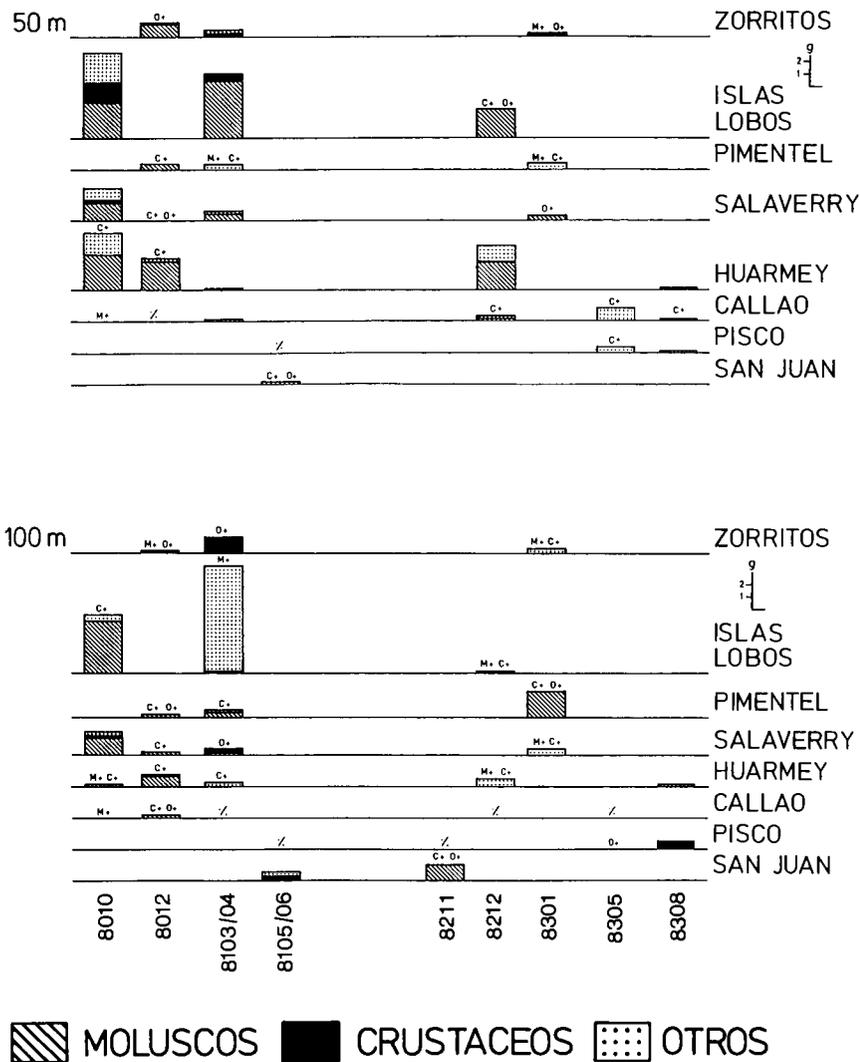


Fig. 8. Biomasa de moluscos, crustáceos y «otros» en épocas normales y durante EN 1982–83.

positiva en marzo de 1981 (50 m), aunque con una biomasa alta de más de 100 g m^{-2} . En Salaverry, los valores fueron más altos antes de EN, especialmente a 50 m, mientras que entre Huarmey y Pisco hubo un peso mayor dentro del fenómeno, como en el caso del macrobentos. Para San Juan las posibilidades de una comparación son limitadas; a 100 m hubo menos *Thioploca* en noviembre de 1982 que antes de EN.

Conclusiones y Discusión

EN 1982–1983 trajo un cambio marcado de las condiciones ambientales en la zona de mínimo de oxígeno frente al Perú, destacando las altas temperaturas en los fondos y un aumento de los valores de oxígeno. El bentos respondió a estos cambios con un desarrollo rápido (como es típico para comunidades compuestas por un alto porcentaje de oportunistas) sólo en la zona central, entre Huarmey y Pisco; aún allí, el aumento se limitó a pocos taxones como los poliquetos y los nemertinos, mientras que no hubo ningún aumento (más bien, a veces, una disminución) en los

moluscos y crustáceos. Esto parece raro en vista de las enormes cantidades de conchas, especialmente de *Pitar catharius* y *Nassarius gayi*, que se encontraron en muchos de nuestros dragados, indicando que de vez en cuando — estimulada por un mejoramiento de la situación de oxígeno — debería haber una «explosión» de moluscos, de igual manera como lo hemos observado para los poliquetos frente a Huarmey y Callao y como ocurrió también en aguas someras de la Bahía de Ancón (TARAZONA *et al.*, este volumen).

En la zona norte, que tuvo que soportar las temperaturas más altas durante EN, no hubo cambios en algunos casos, y en otros hubo una disminución de las densidades y biomasa. Lo mismo ocurre en las áreas frente a San Juan, que con el norte tienen en común los valores de O_2 más elevados; sin embargo, la densidad de muestreo en esta zona no fue muy alta. Desconocemos las causas por las cuales la proliferación de poliquetos y nemertinos no fue más marcada y no duró más tiempo, y porque no se dió tal fenómeno en el caso de los moluscos y crustáceos por lo menos a mayor profundidad. De igual manera, nos falta una explicación inmediata para las diferencias observadas entre el norte

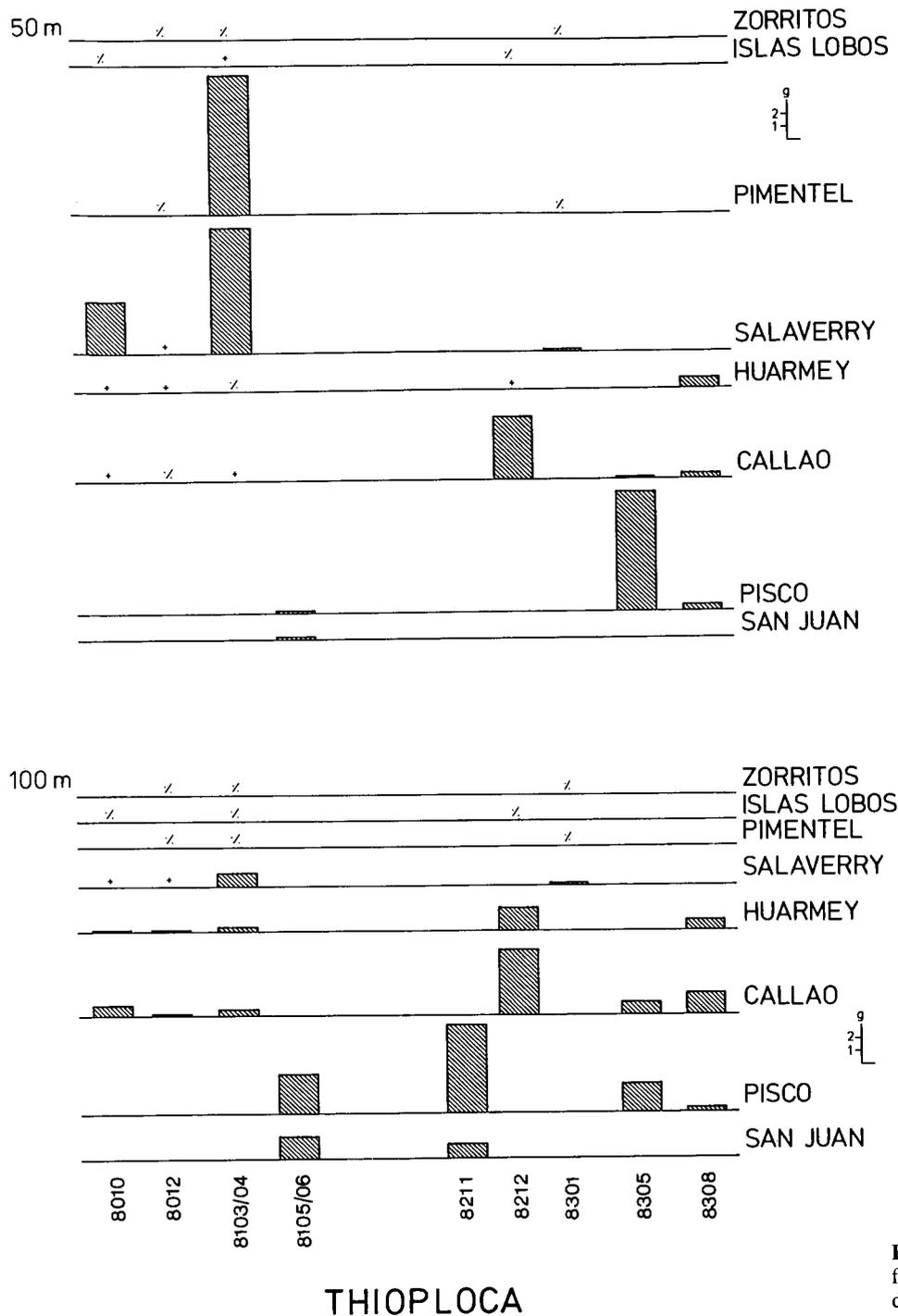


Fig. 9. Biomasa de bacterias filamentosas en épocas normales y durante EN 1982–83.

y la costa central. Sin embargo, podemos ofrecer varias hipótesis:

a) Posiblemente el aumento muy fuerte y brusco de las temperaturas a los 50 y 100 m en el norte, donde las anomalías fueron mayores que en la costa central, impidió un desarrollo más marcado del macrobentos en esta zona. Sin embargo, habría que preguntarse por qué no hubo un desarrollo más positivo en el sur que también disfrutó del alza en el oxígeno y donde las temperaturas no fueron de valores tan elevados como en el norte.

b) El mejoramiento de las condiciones de oxígeno podría haber tenido efecto positivo (y superior al efecto de las altas temperaturas, de todas maneras dañinas) sólo en la zona central, por causa de los valores muy bajos de O₂ en esta zona antes de EN. La gran cantidad de oxígeno disuelto en los fondos de la costa central durante EN recién haría posible la vida de muchas especies macrobénticas, mientras que en el norte valores todavía más altos que en épocas normales, cuando ya existe una fauna diversa, no significarían mucha ventaja.

c) También debería haberse incrementado fuertemente la depredación: Sabemos que EN trajo un aumento enorme de la megafauna como son las jaibas, las squillas y los langostinos (véase ARNTZ y E. VALDIVIA, este volumen). Esta fauna casi nunca se recolecta con la draga Van Veen y por lo tanto no influye en nuestros datos. Además hubo una ampliación del área de los peces demersales que extendieron su permanencia a partes otrora no pobladas (ESPINO *et al.*, este volumen). Muchos de los peces demersales se alimentaron de macrobentos (SANCHEZ *et al.*, este volumen). Todo esto podría haber causado el pronto aprovechamiento de la producción secundaria en los fondos, dejando la biomasa en un nivel relativamente bajo. Explicaría también porque los valores fueron más altos en la fase inicial de EN y bajaron más adelante.

d) Además, este EN fue irregular, de manera que ya se sintió en setiembre en vez de diciembre como sus antecesores. Ello podría haber influido en el desove de las especies macrobénticas. Sabemos que los moluscos de aguas someras (*Mesodesma*, *Donax*) tienen sus primeros estadios bénticos precisamente a fines de año. Lo mismo podría ser el caso con las especies de mayor profundidad, lo que significaría que el desove se habría efectuado demasiado tarde para aprovechar la invasión de las primeras lenguas de aguas de EN. Incluso podría haber pasado lo contrario: un desove prematuro causado por las altas temperaturas, con consecuencias inseguras para las larvas.

e) Finalmente tenemos que referirnos a la hipótesis de WALSH (1981, 1983) quien asume cambios muy marcados en el aporte de materia orgánica particular desde la zona eufótica hacia los fondos de la plataforma. WALSH asume un aporte mayor a los fondos después del colapso de la anchoveta, *Engraulis ringens*, a inicios de la década del 70. En forma semejante, habría que asumirse un aporte muy reducido durante EN cuando la capa superficial produce cantidades limitadas de fitoplancton (OCHOA *et al.* y ROJAS DE MENDIOLA *et al.*, este volumen), resultando una lluvia de material orgánico reducido, lo que podría tener efectos negativos para especies filtradoras. No sabemos si la resuspensión de material sedimentado frente al Perú es suficiente para asegurar la alimentación del bentos aun en tiempos de EN. Los valores de materia orgánica siguen altos (véase Tabla 4), y aparentemente hay mucha perturbación de los sedimentos (VILKS *et al.*, 1981); por otro lado, ciertos moluscos filtradores saben separar materia orgánica vieja y reciente, prefiriendo partículas recientes (ERLENKEUSER, 1976, 1978).

Las bacterias filamentosas también mostraron un aumento de su biomasa entre Huarney y Pisco. La coincidencia de altos valores entre bacterias y macrobentos en la zona central ya fue mencionada por ARNTZ *et al.* (1982); aparentemente la correlación negativa encontrada por ROSENBERG *et al.* (1983) corresponde sólo a la zona mejor oxigenada al norte de Chimbote, aunque se encontró una relación semejante en la costa chilena (GALLARDO, este volumen). El aumento de la

biomasa de *Thioploca* con un incremento del oxígeno, partiendo de valores bajos, está en concordancia con la teoría de MAIER (com. pers.) que un incremento de O₂ dentro de ciertos límites, partiendo de valores muy bajos, podría favorecer a las bacterias que necesitarían una cierta cantidad de oxígeno para su estructuración. Por otro lado, también debe existir un valor superior para el desarrollo favorable de las bacterias, como lo demuestra su ausencia en el norte; bajo valores altos de O₂ la macrofauna es aparentemente más competitiva. Finalmente, hay que mencionar una duda que nos comunicó GALLARDO quien, investigando las muestras de Procariota en el IMARPE, encontró un número alto de vainas vacías durante EN. Tal vez lo que consideramos como «biomasa» es, en parte, ya material orgánico muerto — lo que cambiaría bastante nuestras conclusiones referentes a las bacterias filamentosas.

Hasta el momento tenemos más preguntas e hipótesis que respuestas. Será necesario incrementar la frecuencia de muestreo en futuros Niños, tal vez limitándose a 2 ó 3 posiciones fijas en diferentes latitudes, pero extendiendo el muestreo por lo menos hasta el borde de la plataforma. Nos queda la esperanza que podremos obtener más información de las muestras tomadas entre Callao y la frontera norte en diciembre de 1982 y enero de 1983, que se recolectaron a mayores profundidades.

Agradecimiento. Agradecemos a la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, por habernos facilitado amablemente el muestreo frente al Callao en el mes de agosto 1983, a bordo del BAP «AEH 1974».

Igualmente agradecemos a los patronos de las bolicheras «MANU 6» y «JADRAN» por su amable ayuda en los muestreos frente a Pisco y Huarney respectivamente.

Bibliografía

- ARNTZ, W.E., C. ACLETO, C. PAREDES y J. TARAZONA. 1982. Los recursos marinos bentónicos en la plataforma continental del mar peruano. VII Congr. Nac. de Biología, Lima-Perú, Nov. 1982 (mimeo).
- DEAN, W.E. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss in ignition: Comparison with other methods. *J. Sed. Petrol.* 44: 242–248.
- ERLENKEUSER, H. 1976. ¹⁴C and ¹³C isotope concentration in modern marine mussels from sedimentary habitats. *Naturwissenschaften* 66: 338.
- ERLENKEUSER, H. 1978. The use of radiocarbon in estuarine research. En: Biogeochemistry of estuarine sediments. Proc. UNESCO/SCOR Workshop, Paris: 140–153.
- FLORES, L.A., W.E. ARNTZ, E. CHUMAN DE FLORES e I. FINGER. 1982. Algunas características del macrobentos y del bacterio-bentos en la plataforma continental peruana. VII Congr. Nac. Biol., Lima-Perú, nov. 1982 (Resumen).
- MALDONADO, M. 1983. Características oceanográficas del fenómeno «El Niño» 1982–83 (Aspectos físicos). Conf. Semana Pesquera Colegio Ingenieros Perú-Lima, junio 1983 (mimeo).
- ROMANOVA, N.N. 1972. Distribución de bentos en la plataforma y en el talud continental de la costa peruana. Investigaciones científico-pesqueras en las aguas del Océano Pacífico adyacentes a la costa del Perú durante el invierno de 1972. *Ser. Inf. Esp. Inst. Mar Perú-Callao* 128: 127–132.

- ROSENBERG, R., W.E. ARNTZ, E. CHUMAN DE FLORES, L.A. FLORES, G. CARBAJAL, I. FINGER y J. TARAZONA. 1983. Benthos biomass and oxygen deficiency in the upwelling system off Peru. *J. Mar. Res.* 41: 263–279.
- ROWE, G.T. 1981. The benthic processes of coastal upwelling ecosystems. En: Coastal Upwelling, F. A. Richards (ed), American Geophysical Union, Washington, D.C.: 464–471.
- TARAZONA, J., W.E. ARNTZ, E. CANAHUIRE, C. PAREDES y A. ROBLES. 1982. Distribución de la infauna bentónica en una bahía con deficiencia de oxígeno. VII Congr. Nac. Biol., Lima-Perú, nov. 1982 (Resumen).
- VILKS, G., M.A. RASHID y C. DELGADO. 1981. Interpretation of paleoceanographic conditions on the Peru shelf using palaeoecology and geochemistry. ICANE, *Bol. Inst. Mar. Perú-Callao*, vol. extraordinario: 269–273.
- WALSH, J.J. 1981. A carbon budget for overfishing off Peru. *Nature* 290: 300–304.
- WALSH, J.J. 1983. Death in the sea: enigmatic phytoplankton losses. *Progr. Oceanogr.* 1983-12: 1–86.