

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

Modificaciones Producidas durante «El Niño» en la Infauna Bentónica de Areas Someras del Ecosistema de Afloramiento Peruano

JUAN TARAZONA (1), WOLF E. ARNTZ (2), ELBA CANAHUIRE (1), ZOILA AYALA (1) y AMERICO ROBLES (2)

Instituto de Ciencias Biológicas «Antonio Raimondi», Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Apartado 1898, Lima-100, Perú (1) y Programa Cooperativo Peruano-Alemán de Investigación Pesquera, Apartado 22, Callao, Perú (2)

Resumen. Se conoce poco acerca de las comunidades bentónicas de áreas someras de nuestro ecosistema de afloramiento, menos aun acerca de las modificaciones producidas durante los fenómenos «El Niño» (EN). Por lo general, se ha pensado que éstos producen un efecto negativo sobre el bentos, extrapolando lo que sucede con algunos recursos pesqueros; pero en el presente trabajo se demostrará que su efecto es más complejo y más bien favorable para el macrobentos de fondos blandos con deficiencia de oxígeno.

Se analizaron los cambios del macrobentos a lo largo de transectos realizados periódicamente desde 1976 a 1983 en las diversas playas arenosas del Departamento de Lima; y también los cambios de la infauna en la Bahía de Ancón a lo largo de un transecto con profundidades de 3 a 34 m, durante el verano y primavera de 1981 y 1982, y verano de 1983. Paralelamente se evaluaron las características oceanográficas. La información obtenida hace posible algunas ideas sobre la persistencia, resistencia y elasticidad del ecosistema, llegándose a proponer un modelo de estabilidad con múltiples puntos estables para las playas arenosas de nuestro ecosistema de afloramiento.

En aguas someras de la Bahía de Ancón, las modificaciones producidas por EN se manifestaron principalmente como: (a) una ampliación de la distribución vertical de muchas especies de la macroinfauna; (b) un incremento de la diversidad de especies en áreas antes anóxicas y generalmente sin macrofauna, y (c) una marcada elevación de la biomasa de la macrofauna en áreas antes anóxicas.

El presente EN, hasta el verano de 1983, se manifestó en dos etapas; cada una de ellas con distintos efectos ecológicos en las áreas someras del ecosistema de afloramiento, y es probable que por lo menos exista todavía una tercera etapa.

Modifications Produced during «El Niño» among the Benthic Infauna in Shallow Areas of the Peruvian Upwelling Ecosystem

Summary. Little is known about the shallow-water benthic communities in our upwelling ecosystem, and

even less about the changes produced during EN. Generally, it has been thought that this phenomenon causes a negative effect on the benthos, extrapolating what happens with some fish resources. However, in the present study it will be demonstrated that the effect is more complicated and rather favourable for the macrobenthos of oxygen-deficient soft bottoms.

The changes in macrobenthos were analysed periodically along transects on various sandy beaches of the Department of Lima from 1976–1983, as well as changes in the infauna of the Bay of Ancón along a transect from 3–34 m during the summer and spring of 1981 and summer 1983. Simultaneously, the oceanographical conditions were studied. The information obtained gives some idea as to the persistence, resistance and resiliency of the ecosystem, and is used in proposing a stability model with multiple stable points for the sandy beaches of the Peruvian upwelling system.

In the shallow waters of the Bay of Ancón, the changes produced by EN appeared mainly as a) an extension in the vertical distribution of many species of the macroinfauna, b) an increment in species diversity in areas previously anoxic and without macrofauna; and c) a marked elevation in the macrofauna biomass of the areas previously anoxic. The present «Niño», up to the summer of 1983, has evolved in two stages, each one of them having distinct ecological effects in the shallow-water areas of the upwelling ecosystem. It is probable that there will be at least a third stage.

Introducción

Hasta el momento se conoce poco acerca de los aspectos cuantitativos del macrobentos de las playas arenosas de la costa peruana (KOEPCKE y KOEPCKE, 1952, 1953; PENCHASZADEH, 1971; TALLEDO, 1980; SUAREZ, 1981; TARAZONA, 1981; TARAZONA y PAREDES, 1983).

En los eventos anteriores de fenómenos EN se ha recopilado cierta información acerca del impacto biológico, generalmente negativo, sobre la productividad

biológica (GUILLEN y CALIENES, 1980) y sobre la distribución de algunos organismos (CHIRINOS DE VILDOSO, 1976; SANTANDER, 1976); sin embargo, no ha existido información acerca de las modificaciones producidas a nivel de la estructura comunitaria de las playas y fondos blandos durante estos fenómenos.

Toda la documentación existente sobre los efectos negativos de EN hizo pensar que también tendría el mismo tipo de efecto sobre la infauna bentónica de áreas someras; quedando abierta la interrogante acerca de las consecuencias en los fondos hipóxicos, caracterizados por una macroinfauna bentónica muy escasa o inexistente.

La mayor parte del conocimiento sobre las comunidades bentónicas marinas de áreas someras está basado en estudios realizados en áreas templadas, siendo escasos los estudios en áreas tropicales y subtropicales (RODRIGUEZ, 1959; LONGHURST, 1964; DEXTER, 1972, 1974, 1976; WU y RICHARDS, 1981); sin embargo, esta escasa información hace presumir que hay diferencias básicas en la estructura de las comunidades bentónicas de las diferentes latitudes.

En el presente trabajo se muestra los cambios ocurridos en la estructura comunitaria de las playas arenosas de la costa central del Perú y los fondos blandos someros de la Bahía de Ancón, en relación con los cambios oceanográficos producidos durante el proceso de tropicalización que constituye el fenómeno EN (CHIRINOS DE VILDOSO, 1976).

Material y Métodos

Se ha realizado muestreos cuantitativos periódicos en las siguientes playas arenosas de la costa central del Perú: San Pedro de Lurín, desde agosto de 1976 a julio de 1977; Asia, agosto de 1976 a diciembre de 1978; y Las Conchitas, octubre de 1976 a marzo de 1978. Además, se ha efectuado muestreos cuantitativos complementarios durante la primavera y el verano de 1978 a 1982 en las playas: de Ventanilla, Las Conchitas, San Pedro de Lurín, Santa María del Mar, Chilca y Punta Lobería; y durante EN 1982–83 en las playas: de Ventanilla, Las Conchitas, Santa María del Mar y Punta Lobería. En todos los casos, los muestreos fueron realizados a lo largo de un transecto desde la línea de material acarreado, ubicada en la franja supralitoral, hasta cerca de la rompiente de las olas; obteniéndose muestras con un tubo cilíndrico de 18,5 cm de diámetro, cada 5 m de distancia. El material recolectado se tamizó con una malla de 0,5 mm de diámetro, excepto el correspondiente a los muestreos periódicos realizados de 1976 a 1978, que fue tamizado con una malla de 1,0 mm de abertura. La fijación se hizo en formalina al 7%.

Para estudiar el macrobentos de los fondos blandos de la Bahía de Ancón se estableció un transecto en el lado sur de la bahía, frente a Playa Hermosa, con estaciones a profundidades de 3, 5, 8, 10, 12, 15, 18, 22,

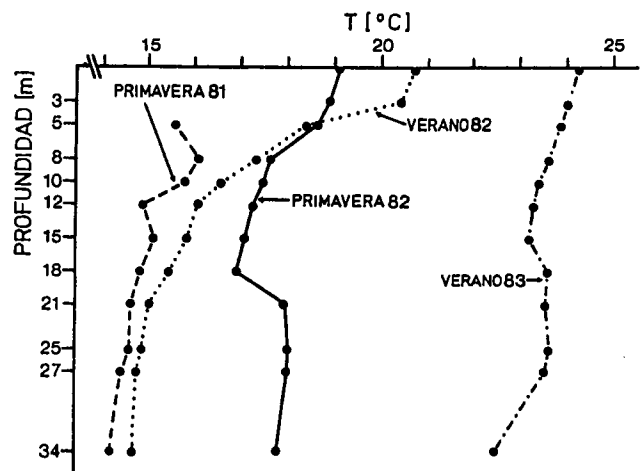


Fig. 1. Distribución vertical de la temperatura promedio por estaciones del año en la Bahía de Ancón.

25, 28 y 34 m. Los muestreos cuantitativos se efectuaron en primavera de 1981, verano y primavera de 1982 y verano de 1983, recolectando de 3 a 5 muestras con una draga tipo Van Veen de 0,04 m², en cada estación. El material recolectado se tamizó con una malla de 0,5 mm y luego se fijó en formalina al 7% para su posterior análisis. Paralelamente se tomaron datos y muestras de agua con una botella Niskin para determinar las condiciones de temperatura y oxígeno disuelto en la superficie y a 30 cm del fondo, en cada estación.

Tanto las muestras de playa, como las de fondos someros fueron analizadas cuantitativamente, a fin de obtener la composición de especies, los valores promedio de abundancia, densidad, biomasa en peso húmedo, dominancia e índice de diversidad (H') de Shannon y Wiener expresado en \log_2 .

Resultados

1. Características oceanográficas

En la Bahía de Ancón, la variación de la temperatura promedio de primavera de 1981 a verano de 1982 fue de 16,1 a 20,7 °C en la superficie, y de 14,1 a 14,7 °C en la mayor profundidad (34 m); en cambio la variación entre primavera de 1982 y verano de 1983 ha sido: de 19,2 a 24,2 °C en la superficie, y de 17,8 a 22,5 °C en la mayor profundidad (Fig. 1).

Durante el período anterior a EN la concentración de oxígeno disuelto en el fondo fue muy baja en las mayores profundidades de la bahía; habiéndose registrado en primavera de 1981 menos de 0,5 ml l⁻¹, incluso hasta valores de cero, y en verano de 1982 un promedio de 0,84 ml l⁻¹. Durante EN se produjo un considerable incremento de la concentración de oxígeno disuelto en las profundidades antes hipóxicas (Fig. 2), registrándose en invierno de 1982 un promedio de 2,21 ml l⁻¹, el cual fue disminuyendo hasta 1,1 ml l⁻¹ en primavera de 1982 y verano de 1983; e incrementándose nuevamente

en otoño de 1983 hasta un promedio de 3,98 ml l⁻¹. En las mayores profundidades de la bahía los sedimentos mostraron una marcada disminución en su contenido de H₂S.

Otro factor destacable durante EN fue las frecuentes marejadas que, asociadas a la notable elevación del nivel del mar durante el verano de 1983, causaron considerables modificaciones en el relieve de las playas y en los fondos más someros.

2. El macrobentos en las playas arenosas

Las playas arenosas fueron caracterizadas de acuerdo al tipo de oleaje, como: (a) expuestas, las playas de Asia, San Pedro de Lurín, Ventanilla y Chilca, por estar ubicadas en áreas abiertas, sometidas a una intensa acción del oleaje y con un bajo contenido de sedimento fino; (b) semi-expuestas, las playas de Punta Lobería y Santa María del Mar, localizadas en áreas expuestas,

pero con algún tipo de barrera que atenúa la acción del oleaje; y (c) protegida, la playa de Las Conchitas, que se encuentra en una bahía con una reducción del oleaje y contiene un mayor porcentaje de sedimento fino.

Por lo general, el número de especies que viven en las playas expuestas es mayor que en las playas semi-expuestas y protegidas; y en todos los casos se observa un predominio de especies de poliquetos y/o crustáceos. *Mesodesma donacium*, *Donax peruvianus* y *Emerita analoga* pueden desarrollar poblaciones muy densas y con alta biomasa (Figs. 3 y 4), así: en las playas expuestas estudiadas *Emerita* generalmente muestra las mayores densidades y *Mesodesma* alcanza las más altas biomásas (Prom. de 12.135,57 g de peso húmedo m⁻² y 1.125,3 Ind m⁻²); en las playas semi-expuestas puede predominar *Donax*; mientras que en la playa protegida la mayor densidad y biomasa corresponde a *Emerita*. Estos patrones sufren una serie de variaciones ya sea por perturbaciones ambientales o por sobre-explotación.

En 1982, durante el período anterior al y en los primeros meses de EN (cuando todavía no se evidenciaba un incremento considerable de temperatura), las poblaciones de *Mesodesma* mantuvieron un nivel considerable de densidad, a pesar de su explotación intensiva (p.e. densidad máxima de 1.977,6 Ind m⁻² en la playa de Santa María del Mar, durante el mes de noviembre), incluso se formaron nuevos bancos con alta densidad (p.e. en la playa de Ventanilla se desarrolló un banco con una densidad máxima de 3.050,4 Ind m⁻² en diciembre, constituido por individuos bastante jóvenes, con tallas de 17-42 mm). Sin embargo, en el verano de 1983, cuando se manifestó un marcado calentamiento en las áreas someras, esta especie experimentó una alta mortandad, llegando a una extinción total de las poblaciones intermareales, incluso la de reciente formación (playa de Ventanilla).

En el caso de *Donax*, durante el período anterior a EN sus poblaciones mostraron densidades altas (p.e.

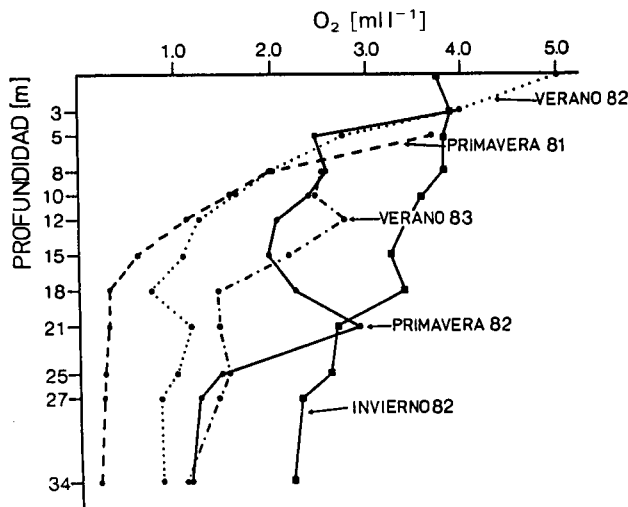


Fig. 2. Distribución vertical de los valores promedio del oxígeno disuelto por estaciones del año en la Bahía de Ancón.

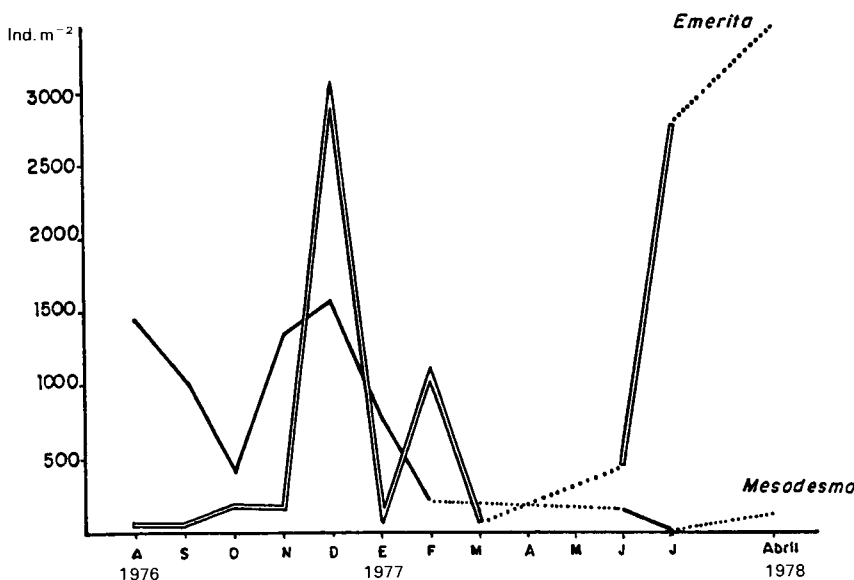


Fig. 3. Variaciones de la densidad de *Emerita analoga* y de *Mesodesma donacium* en la playa Asia.

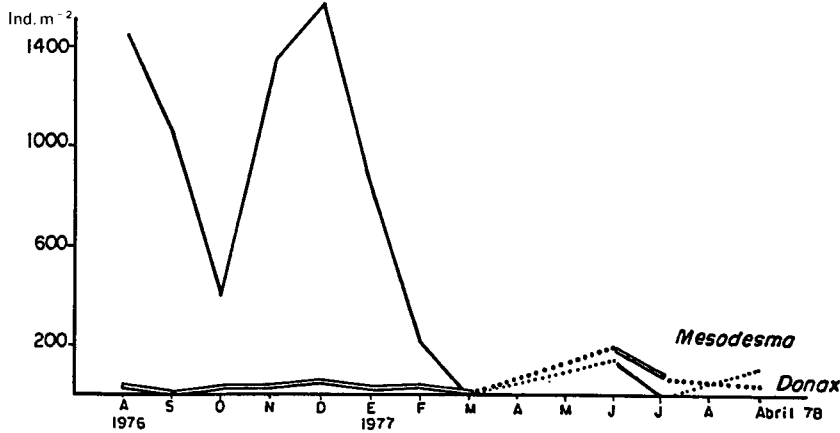


Fig. 4. Variación de la densidad de *Mesodesma donacium* y *Donax peruvianus* en la playa Asia.

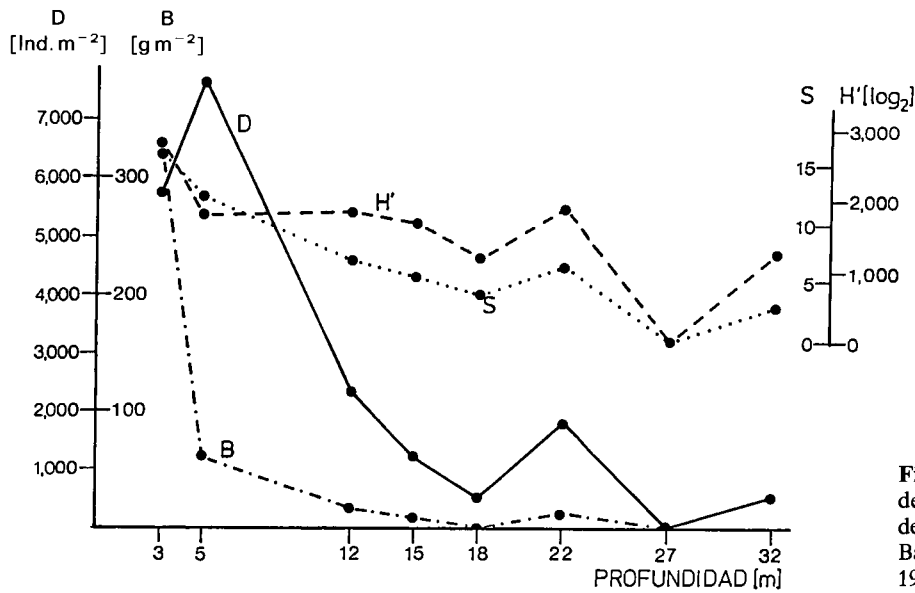


Fig. 5. Distribución vertical del número de especies, densidad, biomasa e índice de diversidad de la macroinfauna de la Bahía de Ancón, durante el verano de 1982.

7.000 Ind m^{-2} , en Punta Lobería), excepto cuando estuvo cohabitando con *Mesodesma*, como en la playa Asia (Fig. 4). Tanto en el período inicial de EN como en la etapa de perturbación más intensa (verano 1983), no se observó una considerable disminución, más bien cierta mejora en áreas donde estuvo conviviendo con *Mesodesma*.

Las poblaciones de *Emerita* mostraron valores altos de densidad en el período anterior a y en los inicios de EN, sobre todo en áreas expuestas. Posteriormente en 1983 se observó una considerable reducción de sus poblaciones, tanto en áreas donde era la única especie dominante, como en las que era co-dominante con *Mesodesma* y/o *Donax* (p.e. en Santa María del Mar una densidad máxima de 111,6 Ind m^{-2} en julio; en Ventanilla el mismo valor en agosto; y en Las Conchitas 37,2 Ind m^{-2} , en setiembre); sin embargo, se encontró evidencias de una mayor profundización de sus poblaciones.

3. Macrofauna de los fondos someros de la Bahía de Ancón

Durante el verano de 1982, los mayores valores promedio del número de especies, diversidad y biomasa

(317,4 g de peso húmedo m^{-2}) correspondieron a los 3 m de profundidad (Fig. 5), donde el poliqueto *Pectinaria* sp. aportó la mayor biomasa. El mayor valor de la densidad promedio (7.650 Ind m^{-2}) se presentó a los 5 m de profundidad, donde la mayor dominancia correspondió al poliqueto *Magelona phyllisae*. Los cuatro parámetros analizados mostraron un pico secundario a los 22 m de profundidad (Fig. 5), caracterizado por una alta dominancia del poliqueto *Chaetozone*.

En primavera de 1982 durante EN se produjo un marcado incremento en los promedios del número de especies, densidad y diversidad en todas las profundidades (Fig. 6). Los mayores valores del número de especies, densidad (158.146,8 Ind m^{-2}) y biomasa promedio (244 g de peso húmedo m^{-2}), se presentaron a los 5 m de profundidad, donde la mayor dominancia en número de individuos correspondió al poliqueto *Aquilaspio peruana* y en biomasa al ofiuroido *Ophiactis kröyeri*; y el mayor valor promedio de la diversidad a los 15 m. Tanto el número de especies como la densidad y biomasa promedios mostraron un pico secundario a los 18 m de profundidad, donde el poliqueto *Owenia collaris* fue dominante.

En el verano de 1983, durante el período de mayor incremento de temperatura de EN, el macrobentos se ha

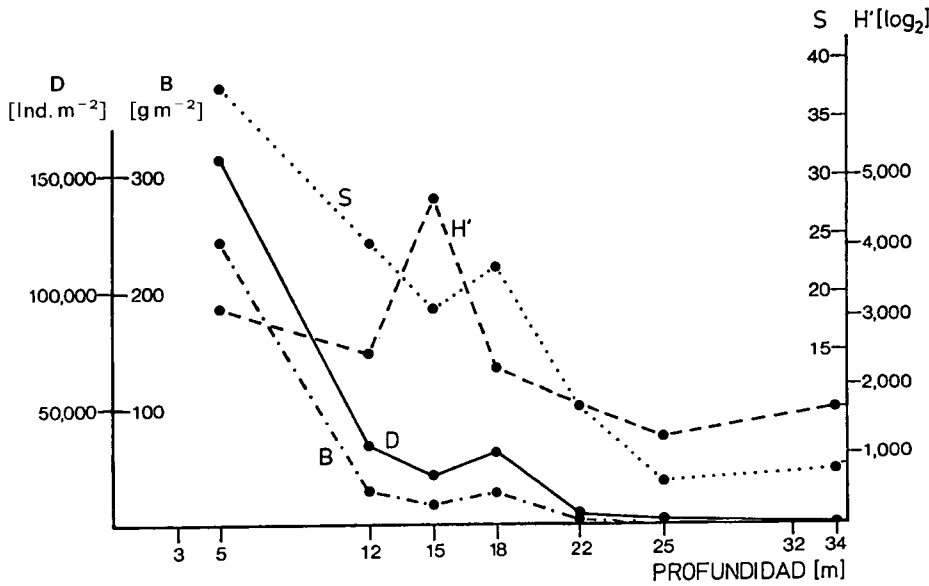


Fig. 6. Distribución vertical del número de especies, densidad, biomasa e índice de diversidad de la macroinfauna de la Bahía de Ancón, durante la primavera de 1982.

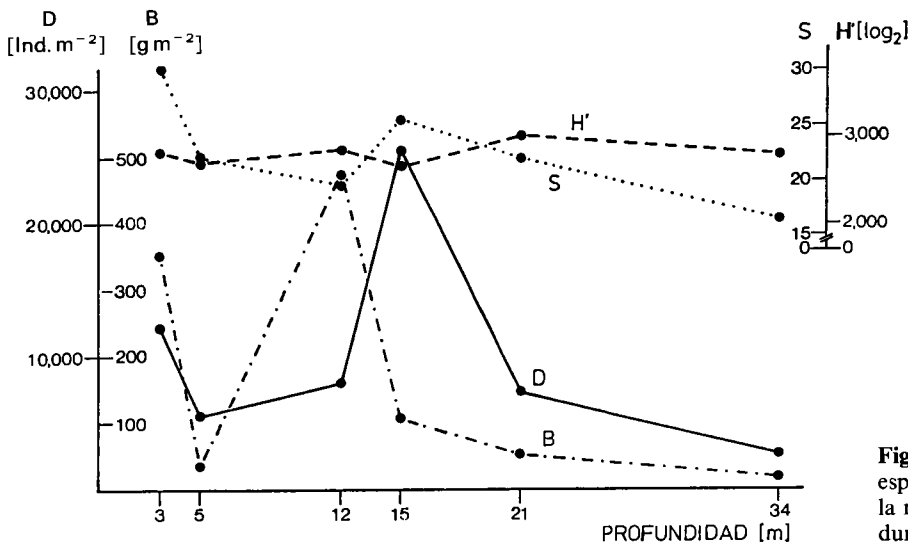


Fig. 7. Distribución vertical del número de especies, biomasa e índice de diversidad de la macroinfauna de la Bahía de Ancón, durante el verano de 1983.

caracterizado por un considerable incremento de los promedios de biomasa, densidad, número de especies y diversidad en las mayores profundidades de la bahía (donde en condiciones normales la macrofauna había sido escasa o ausente) destacando la alta dominancia en número de individuos y biomasa de los poliquetos *Diopatra rhizoicola* y *Leitoscoloplos kerguelensis*; y en las profundidades menores, un incremento de la biomasa, pero una disminución en los promedios del número de especies, densidad y diversidad (Fig. 7). El mayor valor promedio del número de especies se presentó a los 3 m de profundidad; el de la densidad (18.950 Ind m⁻²) a los 15 m, destacando una alta dominancia del poliqueto *Owenia collaris*; el de la biomasa (475,7 g de peso húmedo m⁻²) a los 12 m, correspondiendo el mayor porcentaje de esta biomasa al cangrejo *Hepatus chilensis*; y el de la diversidad a los 21 m (Fig. 7).

Durante EN se ha observado un incremento general de la diversidad de especies, diferenciándose: un incre-

mento explosivo en las áreas más someras durante la primavera de 1982; y una marcada uniformización durante el verano de 1983 (Fig. 8), mostrando valores altos en profundidades antes anóxicas y con escasa macrofauna.

Finalmente se ha comparado los cambios en los promedios del número de especies y el índice de diversidad de la macrofauna de 15, 21 y 34 m de profundidad, entre la primavera y el verano, de un periodo anterior a y durante EN (Fig. 9). A los 15 m, durante el periodo anterior (primavera de 1981 a verano de 1982), disminuyeron tanto el número de especies como el índice de diversidad; mientras que durante EN (primavera de 1982 a verano de 1983) se incrementó el número de especies y disminuyó el índice de diversidad, debido al incremento explosivo de los poliquetos *Owenia collaris*, *Magelona phyllisae* y *Leitoscoloplos kerguelensis*, aunque los valores de ambos parámetros fueron mucho más altos que los de antes de EN (Fig. 9). En las profundidades de 21 y 34 m se incrementaron

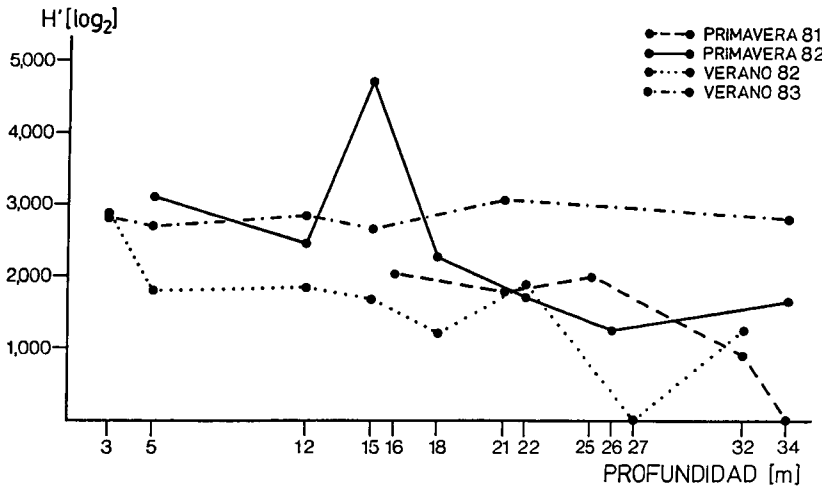


Fig. 8. Distribución vertical del índice de diversidad de la macroinfauna de la Bahía de Ancón, en primavera de 1981, verano de 1982, primavera de 1982 y verano de 1983.

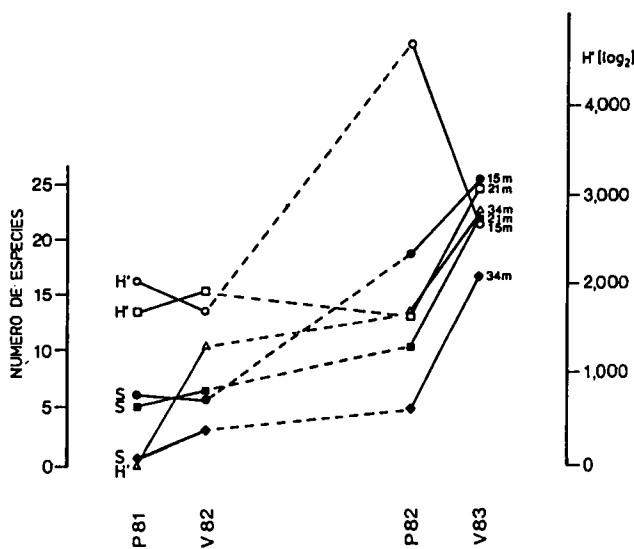


Fig. 9. Variación del número de especies y del índice de diversidad de la macroinfauna de la Bahía de Ancón, de primavera de 1981 a verano de 1982 y de primavera de 1982 a verano de 1983, en profundidades de 15, 21, y 34 metros.

ambos parámetros en los dos períodos; siendo también más altos los valores durante EN que durante el período anterior.

Discusión

Las características mostradas por las condiciones oceanográficas en los fondos de la Bahía de Ancón estarían demostrando que en estas áreas muy costeras el evento EN 1982-1983 ha presentado dos etapas hasta otoño de 1983. La primera etapa (invierno y primavera de 1982), caracterizada por: un incremento en los promedios de temperatura de primavera de hasta 3,8 °C respecto a lo registrado en la primavera anterior, un incremento en las concentraciones de oxígeno (hasta 2,21 ml l⁻¹ en invierno) en profundidades que antes eran casi anóxicas, y una progresiva elevación del nivel

del mar. La segunda etapa (verano y otoño de 1983) caracterizada por un mayor incremento en los promedios de temperatura de hasta 7,8 °C respecto a lo registrado en el verano anterior; una disminución en las concentraciones de oxígeno disuelto, pero siempre a valores > 1,0 ml/l; y la elevación máxima del nivel del mar y su posterior disminución, como lo muestran ENFIELD *et al.* (1983).

Las comunidades de playa arenosa de la costa central del Perú muestran una clara fluctuación de sus especies dominantes *Mesodesma*, *Emerita* o *Donax* (TARAZONA, 1981; ARNTZ *et al.*, en prep.), a consecuencia de variaciones estacionales, sobre-explotación o por oscilaciones de EN. La mortalidad total de las poblaciones intermareales de *Mesodesma donacium* al iniciarse la segunda etapa de EN ha coincidido con los valores más altos de la temperatura del agua, del nivel del mar y continuas marejadas, que indudablemente rebazaron el límite de resistencia de la especie. Por otro lado sería prematuro señalar cuales fueron las condiciones particulares del período anterior a EN y en la primera etapa de EN que pudiera haber favorecido la dominancia de las poblaciones de *Mesodesma* y la formación de nuevos bancos. Sin embargo, podemos afirmar que frente a las perturbaciones producidas por EN, *Mesodesma* muestra menor resistencia que *Emerita* y *Donax*, tal vez porque su capacidad de penetración en el sustrato fue más alterado (ANSELL *et al.*, 1980).

La comunidad de playa arenosa posee al parecer una considerable elasticidad gracias a la presencia de poblaciones submareales, que han sido reportadas para *Mesodesma* (TARIFEÑO, 1980; ROBLES, com. pers.), *Donax* y *Emerita* (EDWARDS e IRVING, 1943; MORRISON, 1971; LEBER, 1982). Los niveles submareales pueden constituirse en refugios desde los cuales dichas especies migrarían hacia la zona intermareal o reclutarían con larvas, una vez mejoradas las condiciones ambientales.

La estabilidad de la comunidad de playa arenosa, si existe, es de corto tiempo y seguiría un patrón semejante al modelo de múltiples puntos estables sugerido para las orillas rocosas (SUTHERLAND, 1974) y fondos blandos

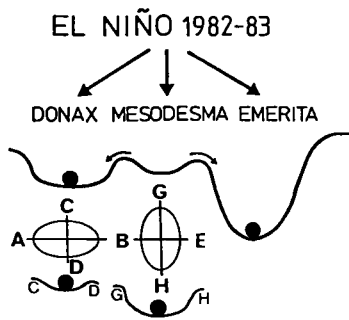


Fig. 10. Modelo de estabilidad con múltiples puntos estables para el macrobentos de las playas arenosas de la costa central del Perú, durante EN 1982 – 83.

(GRAY, 1977). En las playas de la costa central se presentan 3 puntos de equilibrio, tipificados por una dominancia de *Emerita*, *Mesodesma* o *Donax* (Fig. 10), los que durante la segunda etapa de EN mostraron: (i) una mayor penetración en el sedimento y/o migración hacia mayores profundidades de los individuos de la población de *Emerita*; (ii) una mortalidad total de las poblaciones intermareales de *Mesodesma*, siendo reemplazada por cualquiera de los otros 2 puntos de estabilidad; y (iii) una permanencia de las poblaciones de *Donax*. En períodos normales, *Mesodesma* generalmente ha mostrado una mayor estabilidad a las fluctuaciones de los factores biológicos (eje C – D).

En diversas partes del mundo se ha señalado los efectos de los eventos hipóxicos en los fondos marinos, reportándose: en la Bahía de Concepción, Chile, una baja diversidad y, en condiciones extremas, también una baja biomasa (GALLARDO *et al.*, 1972); en la parte suroeste de la Bahía de Kiel, un abrupto descenso de la biomasa (ARNTZ, 1981); en las costas de Texas, una baja diversidad y abundancia (HARPER *et al.*, 1981); y en el mar interno de Seto, Japón, una disminución logarítmica del número de especies y de individuos, y un descenso gradual de la diversidad (IMABAYASHI, 1983). Los fondos blandos de la Bahía de Ancón, en períodos normales, presentan condiciones hipóxicas intensas en sus mayores profundidades, incluso con períodos de anoxia total; con la consiguiente disminución de la macroinfauna bentónica, mostrando valores muy bajos de densidad, biomasa y diversidad (TARAZONA *et al.*, 1982). Un patrón muy similar se ha reportado en áreas más profundas de nuestro sistema de afloramiento (GALLARDO, 1963; RAMORINO y MUÑIZ, 1970; ROSENBERG *et al.*, 1983).

En primavera de 1982, durante la primera etapa de EN, se ha registrado un marcado incremento de oxígeno disuelto en los fondos de la bahía, produciéndose un proceso post-hipóxico con un notable incremento del número de especies, densidad y diversidad, semejante a lo observado en los procesos de recolonización post-hipóxico en Long Island Sound, USA (MC CALL, 1977), en la costa de Texas (HARPER *et al.*, 1981) y suroeste de la Bahía de Kiel (ARNTZ, 1981).

LEPPÄKOSKI (1975) ha señalado que la fauna bentónica es capaz de recolonizar grandes áreas de fondo marino cuando aparecen condiciones más favorables después de un período de anóxica total. En las áreas antes hipóxicas de la Bahía de Ancón se ha observado una intensa recolonización por especies de profundidades menores o mayores. Al parecer los principales mecanismos de esta recolonización habrían sido las migraciones de los adultos, como en crustáceos; y el transporte de larvas, como en los poliquetos (SANTOS y SIMON, 1980).

En el verano de 1983, durante el período de EN, ha continuado la colonización de las mayores profundidades de la bahía, bajo concentraciones de oxígeno disuelto mayores de $1,0 \text{ ml l}^{-1}$, observándose la desaparición de un gradiente de diversidad con respecto a la profundidad; puesto que la acomodación biológica en las profundidades antes hipóxicas incrementó la diversidad, como lo ha sugerido MARGALEF (1968). Sin embargo, lo más destacable de este período es que hubo el tiempo suficiente para un incremento considerable de la biomasa en las profundidades normalmente hipóxicas.

Existen otros factores importantes para la infauna de los fondos blandos tales como los disturbios causados por las corrientes y marejadas (GRANT, 1981), los cambios en las interacciones de predadores y competidores (BERGE y HESTHAGEN, 1981; EVANS, 1983; BRENCHLEY, 1982; WILTSE, 1980), los cuales tendrán que ser motivo de un análisis posterior.

Conclusiones

El estudio acerca de la macroinfauna bentónica de áreas someras de la costa central del Perú, realizado antes y durante el fenómeno EN 1982 – 1983, permite concluir lo siguiente:

1. Las perturbaciones oceanográficas de EN producidas en los fondos someros hasta el otoño de 1983 han seguido, por su influencia, un desarrollo en dos etapas: la primera etapa (invierno – primavera de 1982) caracterizada por una elevación de la temperatura hasta $\sim 4^\circ \text{C}$ sobre el promedio, incremento en la concentración de oxígeno, y una progresiva elevación del nivel del mar; la segunda etapa (verano – otoño de 1983) caracterizada por un incremento de la temperatura hasta $\sim 8^\circ \text{C}$ sobre el promedio, concentraciones de O_2 mayores de $1,0 \text{ ml l}^{-1}$, elevación máxima del nivel del mar, y una mayor frecuencia de marejadas. Es posible que por lo menos exista todavía una tercera etapa.
2. Los principales factores que influyeron sobre la infauna de la playa arenosa durante EN han sido: el incremento en la temperatura, la elevación del nivel del mar y las marejadas.
3. En las comunidades de las playas arenosas sólo las poblaciones intermareales de *M. donacium* sufrieron mortalidad total al iniciarse la etapa avanzada

- de EN; mientras que las poblaciones de *D. peruvianus* y de *E. analoga* no sufrieron cambios drásticos.
- Los principales factores que influyeron en los fondos blandos someros de la Bahía de Ancón durante EN fueron: el incremento de la concentración de oxígeno disuelto en los fondos antes hipóxicos, la notable elevación de la temperatura y la incursión de masas de agua foráneas.
 - En los fondos normalmente hipóxicos de la Bahía de Ancón, el fenómeno EN resultó un evento post-hipóxico, produciendo: un incremento del número de especies, de la densidad y la diversidad, durante la etapa inicial; y principalmente un incremento en la biomasa durante la etapa avanzada. Todo esto, a consecuencia de la ampliación de la distribución vertical de muchas especies.

Bibliografía

- ANSELL, A.D., P.R.O. BARNETT, A. BODOY y H. MASSE. 1980. Upper temperature tolerances of some European molluscs. II *Donax vittatus*, *D. semistriatus* and *D. trunculus*. *Mar. Biol.* 58: 41–46.
- ARNTZ, W. 1981. Zonation and dynamics of macrobenthos biomass in an area stressed by oxygen deficiency. En: *Stress Effects on Natural Ecosystems*. W. Barrett y R. Rosenberg (eds), John Wiley y Son, Ltd: 215–225.
- BERGE, J.A. y I.H. HESTHAGEN. 1981. Effects of epibenthic macropredators on community structure in an eutrophicated shallow water area, with special reference to food consumption by the common goby *Pomatoschistus microps*. *Kieler Meeresforsch.*, Sonderh. 5: 462–470.
- BRENCHLEY, G.A. 1982. Mechanisms of spatial competition in marine soft-bottom communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 60: 17–33.
- CHIRINOS DE VILDOSO, A. 1976. Aspectos biológicos del fenómeno «El Niño» 1972–73. I: Distribución de la fauna. En: *Reunión de Trabajo sobre el Fenómeno conocido como «El Niño»*. Guayaquil, Ecuador, 1974. *Inf. Pesca FAO* (185): 62–79.
- DEXTER, D.M. 1972. Comparison of the community structures in a Pacific and Atlantic Panamanian sandy beach. *Bull. Mar. Sci.* 22: 449–462.
- DEXTER, D.M. 1974. Sandy beach fauna of the Pacific and Atlantic coasts of Costa Rica and Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 22: 51–66.
- DEXTER, D.M. 1976. The sandy beach fauna of Mexico. *The Southwest Nat.* 20: 479–485.
- EDWARDS, S.A. y L. IRVING. 1943. The influence of temperature and season upon the oxygen consumption of the sand crab, *Emerita analoga*. *J. Anim. Ecol.* 34: 63–75.
- ENFIELD, D.H., R.L. SMITH y S.P. HAYES. 1983. Sea level variability at the Eastern Equatorial Pacific Boundary in 1982. *Trop. Ocean-Atmos. Newsl.* 21: 13–14.
- EVANS, S. 1983. Production, predation and food niche segregation in a marine shallow soft-bottom community. *Mar. Ecol.* 10: 147–158.
- GALLARDO, V.A. 1963. Nota sobre la densidad bentónica en el sublitoral del norte de Chile. *Gayana, Zool.* 18: 3–15.
- GALLARDO, V.A., J.S. CASTILLO y L.A. YAÑEZ. 1972. Algunas consideraciones preliminares sobre la ecología bentónica de los fondos sublitorales blandos en la Bahía de Concepción. *Bol. Soc. Biol. Concepción XLIV*: 169–190.
- GRANT, J. 1981. Sediment transport and disturbance on an intertidal sandflat: Infaunal distribution and recolonization. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 6: 249–255.
- GRAY, J.S. 1977. The stability of benthic ecosystems. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 30: 427–444.
- GUILLEN, O. y R. CALIENES. 1980. Biological productivity and «El Niño». EN: *Resource Management and Environmental Uncertainty*, M. H. Glantz (ed). John Wiley & Sons: 255–262.
- HARPER, D.E. Jr., L.D. MC KINNEY, R.R. SALZER y R.J. CASE. 1981. The occurrence of hypoxic bottom water off the upper Texas coast and its effects on the benthic biota. *Contrib. Mar. Sci.* 24: 53–79.
- IMABAYASHI, H. 1983. Effects of oxygen-deficient water on the benthic communities. *Bull. JPN Soc. Sci. Fish.* 49: 7–15.
- KOEPCKE, H. y M. KOEPCKE. 1952. Sobre el proceso de transformación de la materia orgánica en las playas arenosas marinas del Perú. *Publ. Mus. Hist. Nat. Javier Prado*, Lima. Ser. A, 8: 1–25.
- KOEPCKE, H. y M. KOEPCKE. 1953. Contribución al conocimiento de la forma de vida de *Ocypode gaudichaudii* Milne Edwards J. Lucas (Decapoda, Crust.). *Publ. Mus. Hist. Nat. Javier Prado*, Lima. Ser. A, 13: 1–46.
- LEBER, K.M. 1982. Seasonality of macroinvertebrates on a temperate, high wave energy sandy beach. *Bull. Mar. Sci.* 32: 86–98.
- LEPPÄKOSKI, E. 1975. Macrobenthic fauna as indicator of oceanization in the Southern Baltic. *Merentutkimuslait. Julk. Havsforskningsinst.* (239): 280–288.
- LONGHURST, A.R. 1964. A review of the present situation in benthic synecology. *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco* 63: 1–64.
- MARGALEF, R. 1969. Perspectives in ecological theory. University of Chicago Press, Illinois, 111 pp.
- MCCALL, P.L. 1977. Community patterns and adaptive strategies of the infaunal benthos of Long Island Sound. *J. Mar. Res.* 35: 221–266.
- MORRISON, J.P.E. 1971. Western Atlantic *Donax*. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 83: 545–568.
- PENCHASZADEH, P. 1971. Observaciones cuantitativas preliminares en playas arenosas de la costa central del Perú, con especial referencia a las poblaciones de «muy-muy» (*Emerita analoga*) (Crustacea, Anomura, Hippidae). Of. de Ciencias de la UNESCO para América Latina, DOC 6: 1–16.
- RAMORINO, L. y L. MUÑIZ. 1970. Estudio cuantitativo general sobre la fauna de fondo de la Bahía de Mejillones. *Rev. Biol. Mar. Valparaíso* 14: 79–93.
- RODRIGUEZ, G. 1959. The marine communities of Margarita Island, Venezuela. *Bull. Mar. Sci. Gulf* 9: 237–280.
- ROSENBERG, R., W. 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.
- SANTANDER, H. 1976. La corriente peruana. Parte II: Aspectos biológicos. En: *Reunión de Trabajo sobre el Fenómeno conocido como «El Niño»*. Guayaquil, Ecuador, 1974. *Inf. Pesca FAO*, (185): 285–293.
- SANTOS, S.L. y J.L. SIMON. 1980. Marine soft-bottom community establishment following annual defaunation: Larval or adult recruitment? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2: 235–242.
- SUAREZ, H. 1981. Análisis preliminar de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el litoral arenoso de la Provincia de Chiclayo. *Universidad Año* 3 (1): 11–23.
- SUTHERLAND, J.P. 1974. Multiple stable points in natural communities. *Am. Nat.* 108: 859–873.
- TALLEDO, C.R. 1980. Algunas consideraciones bioecológicas de *Donax peruvianus* Deshayes, 1855. Tesis para optar el Título de Licenciado en Biología Pesquería. Univ. Nac. Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú: 41 pp.
- TARAZONA, J. 1981. Ecología de los bancos de pelecípodos en las playas arenosas del Perú y pautas para su conservación. *Anales del Primer Panel sobre los Moluscos del Perú* (agosto 1981). Publ. espec. 4: 52–61.
- TARAZONA, J., W. 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. Bitácora Biológica 1 (1): 70 (Resumen).
- TARAZONA, J. y C. PAREDES. En prensa. Estructura del macrobentos en las playas arenosas de la zona de Lima, Perú. *Rev. Cienc. Univ. Nac. San Marcos*, 74.
- TARIFEÑO, E. 1980. Studies on the biology of the surf clam *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Bivalvia: Mesodesmatidae) from Chilean sandy beaches. PhD Thesis in Biology. Univ. of California, Los Angeles, 229 pp.
- WILTSE, W.I. 1980. Effects of *Polinices duplicatus* (Gastropoda; Naticidae) on infaunal community structure at Barnstable Harbor, Massachusetts, U.S.A. *Mar. Biol.* 56: 301–310.
- WU, R.S.S. y J. RICHARDS. 1981. Variations in benthic community structure in a subtropical estuary. *Mar. Biol.* 64: 191–198.