

BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

VOLUMEN 33, Número 1



Enero - Junio 2018
Callao, Perú



ABUNDANCIA MEIOFAUNAL EN SEDIMENTOS ARENOSOS DE UNA BAHÍA SOMERA, COSTA CENTRAL PERUANA

MEIOFAUNAL ABUNDANCE INHABITING SANDY SEDIMENTS IN A SHALLOW-WATER BAY AT CENTRAL PERU

Víctor Aramayo¹

RESUMEN

ARAMAYO V. 2018. *Abundancia meiofaunal en sedimentos arenosos de una bahía somera, costa central peruana*. Bol Inst Mar Perú. 33(1): 98-107.- Aunque tenemos alguna información acerca de la meiofauna de fondos fangosos en Perú, aún se desconocen las características de esta comunidad en fondos arenosos. Se presenta una descripción y análisis comunitario muy básico de la meiofauna en sedimentos superficiales de la bahía de Miraflores y el área marina de Carpayo. Mediante el empleo de un nucleador tipo HAPS se recolectaron muestras replicadas de sedimento. La identificación taxonómica mostró 15 taxa, con tendencia hacia mayor riqueza en estaciones más profundas. En la estación más profunda se observó mayor número de familias de nemátodos de vida libre y de especies de poliquetos (tanto en etapas larvales como juveniles, especialmente *Magelona phyllisae*). También se identificaron copépodos de los Órdenes taxonómicos Harpacticoida y Poecilostomatoida. Las densidades (0-5 cm) fluctuaron entre 25 ± 18 y 438 ± 234 Ind/10 cm². Familias de nemátodos como Monhysteridae (167 ± 123 Ind/10 cm²), Chromadoridae (110 ± 95 Ind/10 cm²), Desmodoridae (70 ± 34 Ind/10 cm²) fueron numéricamente dominantes. El análisis de agrupamiento muestra clara asociación en las estaciones dominadas por nemátodos. La mayor parte de los organismos bentónicos estuvieron poblando la capa superficial del sedimento (0-1 cm), pero sólo los nemátodos exhibieron penetración vertical más homogénea. Algo similar se observó en moluscos (bivalvos y gastrópodos) en los centímetros subsuperficiales (4-5 cm). Se discute la relevancia de estos primeros avances en cuanto a la estructura comunitaria meiofaunal de estos hábitats y su potencial utilidad para entender las señales de reclutamiento *in situ* de especies bentónicas.

PALABRAS CLAVE: meiofauna, distribución vertical, bentos, costa central peruana

ABSTRACT

ARAMAYO V. 2018. *Meiofaunal abundance inhabiting sandy sediments in a shallow-water bay at Central Peru*. Bol Inst Mar Peru. 33(1): 98-107.- Although we have some information about the muddy-bottoms meiofauna in Peru, we still do not know the main patterns of this community in local sandy bottoms. A description and subsequent analysis of this surface-inhabiting community are presented for Miraflores Bay and the spatially-close area of Carpayo. By using a HAPS corer, replicated, independent samples of sediment were collected. The taxonomic analysis showed 15 taxa, with a high richness at deepest stations. Deepest sites tend to be populated by high numbers of free-living nematodes, and also a good number of polychaete species (both larval and juvenile stages, especially *Magelona phyllisae*). Copepods of the taxonomic orders Harpacticoid and Poecilostomatoida were also identified. The total densities (0-5 cm) ranged between 25 ± 18 and 438 ± 234 Ind/10 cm². Nematode families such as Monhysteridae (167 ± 123 Ind/10 cm²), Chromadoridae (110 ± 95 Ind/10 cm²), and Desmodoridae (70 ± 34 Ind/10 cm²) were numerically dominant. The cluster analysis shows a clear association of stations dominated by nematodes. Most of the benthic organisms were inhabiting the surface layer of the sediment (0-1 cm), but only the nematodes exhibited a more homogeneous vertical penetration. A relatively similar pattern was observed in molluscs (bivalves and gastropods) inhabiting sub-surface centimeters (4-5 cm). The relevance of these early advances in the meiofaunal community structure of these habitats and their potential usefulness to understanding *in situ* recruitment signs of benthic species is discussed.

KEYWORDS: meiofauna, vertical distribution, benthos, Central Peru

1. INTRODUCCIÓN

La meiofauna es uno de los principales componentes faunales de los fondos continentales y especialmente marinos (GIERE 1993, 2009). Este grupo ecológico disgrega gran parte del conglomerado orgánico que desciende al fondo tanto en forma particulada como disuelta (LEVIN *et al.* 1991, NEIRA y HÖPNER 1994, LEVIN *et al.* 2002). Gran parte de esta actividad meiofaunal estimula significativamente la actividad microbiana (NEIRA y HÖPNER 1994) y favorece el transporte superficial de solutos y otros

componentes químicos en los sedimentos (ALLER y ALLER 1992, COULL 1999).

La diversidad meiofaunal depende de varios factores como el tipo de sedimento y las condiciones oceanográficas que modulan sobre el fondo, es decir, el hábitat es un fuerte condicionante para el asentamiento, desarrollo y éxito de estos organismos (COULL 1999, LEVIN *et al.* 2002). Sin embargo, existen algunos grupos resistentes a condiciones normalmente desfavorables para la vida, por ejemplo, la deficiencia crónica de oxígeno (LEVIN *et al.* 2002,

¹ IMARPE, Dirección General de Investigaciones en Oceanografía y Cambio Climático. Área Funcional de Investigaciones en Oceanografía Biológica. Laboratorio de Bentos Marino. varamayo@imarpe.gob.pe

LEVIN 2003). Los nemátodos de vida libre son un claro ejemplo de adaptación y éxito reproductivo en este tipo de hábitats extremos, observaciones realizadas tanto en áreas oligotróficas como en aquellas de gran productividad muestran tendencias de poblamiento numérico muy similares, con clara dominancia por parte de este filo (LEVIN *et al.* 1991).

En Perú, la mayor parte de los estudios mejor logrados sobre meiofauna han sido realizados en fondos comparativamente más profundos y de tipo fangoso (LEVIN *et al.* 2002, LEVIN 2003) y poco se conoce sobre la diversidad y patrones comunitarios generales de la meiofauna en otros tipos de substratos como los arenosos.

En el presente trabajo se describe y analiza los principales cambios espaciales en la distribución vertical de la abundancia meiofaunal en fondos arenosos de la bahía de Miraflores y el área marina de Carpayo observados en marzo 2014.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO Y ESTACIONES DE MUESTREO

El estudio fue realizado en la parte más somera de la bahía de Miraflores y el área adyacente de Carpayo (~12°S) las que tienen influencia humana variada,

especialmente por la modificación del borde costero y presencia permanente de colectores urbanos. Además, naturalmente esta área de estudio se caracteriza por tener cambios de alta frecuencia, principalmente asociados a la hidrodinámica costera, como la influencia de corrientes superficiales (ZUTA y GUILLÉN 1970). Esto condiciona las características fisicoquímicas del sedimento debido a la perturbación superficial generada por los pulsos continuos de corriente. La campaña de muestreo fue realizada a bordo de la embarcación Imarpe VI, durante marzo 2014.

Por su cercanía a la costa, todas las estaciones muestreadas exhibieron un único tipo de substrato: arenoso con capas finas, muy superficiales (ligeramente negruzcas) de lo que es básicamente material orgánico (aparentemente lábil), observable a simple vista.

Se recolectó la meiofauna (definida en este estudio como todos los organismos retenidos en un tamiz de 63 μm) en cuatro estaciones (Tabla 1, Fig. 1) mediante un equipo nucleador tipo HAPS (con el cual se puede obtener un único núcleo de sedimento por lance). Con este equipo se recolectaron muestras replicadas de sedimentos superficiales y se utilizaron sólo aquellas muestras (núcleos de sedimento) que no mostraron perturbación superficial, para asegurar el análisis comunitario comparativo en la columna del sedimento.

Tabla 1.- Estaciones de muestreo y detalles técnicos de la recolección

| Est. | Posición | Prof. (m) | Tipo de nucleador | Tipo de sedimento | Réplica | Columna de sedimento (cm) |
|------|-----------------|-----------|-------------------|-------------------|---------|---------------------------|
| E6 | 12,650S-77,400W | 12 | HAPS | Arenoso | 2 | 0-5 |
| E23 | 12,218S-77,213W | 18 | HAPS | Arenoso | 1 | 0-5 |
| E32 | 12,820S-77,422W | 20 | HAPS | Arenoso | 2 | 0-5 |
| S4 | 12,997S-77,525W | 30 | HAPS | Arenoso | 2 | 0-5 |

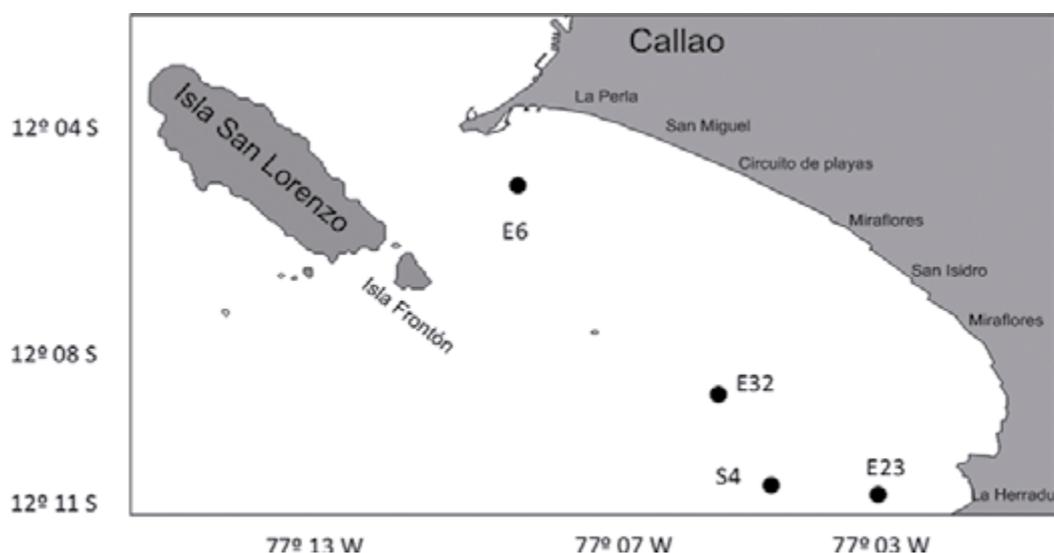


Figura 1.- Estaciones de muestreo de meiofauna durante marzo 2014

Se completó una columna de sedimento (0-5 cm) las que fueron seccionadas cada centímetro (0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5). Este procedimiento se realizó en cada caso, posteriormente la fijación de los organismos se efectuó con formaldehído al 4% regulado con tetraborato sódico a semisaturación. La cuantificación de los organismos fue expresada por 10 cm².

ANÁLISIS TAXONÓMICO Y MEDICIONES DE RIQUEZA

Se identificó a los organismos meiofaunales hasta el menor nivel taxonómico posible. Para la identificación de nemátodos de vida libre de la familia Chromadoridae se siguió a PLATT y WARWICK (1983, 1988) y HOPE y MURPHY (1972). También se utilizaron artículos especializados sobre la familia Desmodoridae (MARIA *et al.* 2009, HOPE y MURPHY 1972, GERLACH y RIEMANN 1973). La sistemática de los nemátodos de vida libre está basada en LORENZEN (1994) y HEIP *et al.* (1982). Otros grupos fueron identificados consultando a GIERE (1975, 1993, 2009); TODARO (1992), TODARO *et al.* (1992, 1995).

La riqueza de especies (S) esto es, el número total de especies identificadas en una muestra, fue descrita como tal en la comunidad meiofaunal, pero adicionalmente se calcularon estimadores como los de Margalef (CLIFFORD y STEPHENSON 1975) representado aquí como M y expresado según la relación: $M = (S-1)/\ln N$.

De otro lado, para las estimaciones de diversidad se usó la teoría de la información de Shannon (H', SHANNON y WEAVER 1949) cuya expresión matemática es: $(-\sum p_i) * (\ln p_i)$. Asimismo, se usó el Índice de Diversidad de Simpson (Ds) en su expresión $1/D$ (MACARTHUR 1972). Para describir la equitabilidad o uniformidad dentro de la comunidad meiofaunal se empleó el índice de Equitabilidad de Shannon (ES o J') el cual se obtiene "extrayendo" la riqueza de la comunidad: $H'/\ln S$.

3. RESULTADOS

DIVERSIDAD Y DENSIDAD

En relación a los principales filos encontrados, los más importantes fueron Nematoda (>90%), Annelida y Arthropoda. Se registraron 15 taxa, los cuales estuvieron básicamente concentrados en la estación S4 (hasta 13 registros), estación en la cual se observó el mayor número de familias de nemátodos de vida libre y también un buen número de especies de poliquetos (en etapas larvales y juveniles) interactuando con la meiofauna permanente. En tanto, la riqueza de taxa identificados en las demás estaciones fue

comparativamente menor: E23 (6), E32 (4) y E6 (4) (Tabla 2).

Copépodos de morfología variable (un grupo característico de la meiofauna de fondos arenosos) también fueron identificados en el estudio. Estos pequeños crustáceos estuvieron representados por dos órdenes taxonómicos Harpacticoida y Poecilostomatoida, no en los mismos niveles de abundancia que los nemátodos de vida libre, pero sí con regular frecuencia.

Los índices de diversidad estimados comparando estaciones muestran que la estación S4 no sólo exhibió las mejores estimaciones para Shannon-Wiener ('H) con valores por encima de 1, sino también, mostró similar tendencia en cuanto a densidades entre grupos. Los aportes de poliquetos y moluscos (bivalvos y gastrópodos) fueron determinantes para la obtención de estos resultados (lo que se discutirá en la evaluación de la distribución vertical en la columna del sedimento).

Algo similar fue observado al calcular los índices de diversidad de Simpson (Ds) para evaluar la dominancia en las muestras obtenidas, la equitabilidad o uniformidad de Jaccard ('J) e incluso el índice de diversidad de Margalef para especies poco frecuentes (M).

Tabla 2.- Grupos taxonómicos de la meiofauna por estaciones. El símbolo (-) indica ausencia

| | S4 | E23 | E32 | E6 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Nematoda | 44 | 1 | 7 | 1 |
| Chromadoridae | 110 | - | - | 1 |
| Monhysteridae | 167 | 496 | 65 | 2 |
| Desmodoridae | 70 | - | 4 | - |
| <i>Hermundura fauveli</i> | 1 | - | - | - |
| <i>Magelona phyllisae</i> | 4 | 28 | 2 | 22 |
| <i>Sigambra bassi</i> | - | 1 | - | - |
| <i>Aricidea</i> sp. | 1 | - | - | - |
| <i>Cirratulus</i> sp. | 12 | - | - | - |
| Spionidae | 2 | 2 | - | - |
| Oligochaeta | - | 13 | - | - |
| Harpacticoida | 5 | - | - | - |
| Poecilostomatoida | 2 | - | - | - |
| Bivalvia | 22 | - | - | - |
| Gastropoda | 1 | - | - | - |
| Total | 438 | 541 | 77 | 25 |
| Riqueza | 13 | 6 | 4 | 4 |
| H' | 1,653 | 0,366 | 0,590 | 0,478 |
| Ds | 0,755 | 0,156 | 0,283 | 0,232 |
| J | 0,645 | 0,205 | 0,425 | 0,345 |
| M | 1,973 | 0,794 | 0,692 | 0,938 |

Las densidades totales (0-5 cm) fluctuaron entre 25 ± 18 y 438 ± 234 Ind/10 cm². Aunque la diversidad (tanto la riqueza de especies como el valor de H') fue mayor en la estación S4 y estuvo explicada por la presencia de varios grupos, también mostró relativa alta dominancia; por ejemplo, de familias de nemátodos, las cuales estuvieron distribuidas como sigue: Monhysteridae (167 ± 123 Ind/10 cm²), Chromadoridae (110 ± 95 Ind/10 cm²), Desmodoridae (70 ± 34 Ind/10 cm²) y finalmente varios nemátodos no identificados agrupados como Nematoda (44 ± 10 Ind/10 cm²). La estación E23 (con sólo una réplica recolectada) fue la que mostró las densidades totales más altas (541 Ind/10 cm²), con amplia dominancia de nemátodos de la familia Monhysteridae (496 Ind/10 cm²) y el poliqueto *Magelona phyllisae* Jones (28 Ind/10 cm²), además de la presencia de oligoquetos no identificados a mayor detalle (13 Ind/10 cm²).

Los monistériidos fueron dominantes (65 ± 12 Ind/10 cm²) en la estación E32, y conformaron el principal taxón en términos numéricos. En cambio, en la E6 *M. phyllisae* fue la especie más importante (un cambio en la dominancia hacia los poliquetos) y los nemátodos notablemente disminuyeron su presencia numérica.

Estos resultados en la diversidad y la dominancia en la comunidad meiofaunal también pueden observarse en la Figura 2, donde las curvas generadas muestran a la estación S4 posicionada en la parte inferior del plano, en tanto que las demás están cercanamente agrupadas en la parte superior. Esto indica cómo la S4 exhibe densidades mejor distribuidas entre más especies, por esta razón en el eje del rango de especies se muestra siempre por debajo en relación a la dominancia acumulada.

De todas las estaciones, la E23 es claramente la más dominante y básicamente con un solo taxón (Monhysteridae); por esta razón la curva que la representa se ubica en la parte superior del plano y muestra un rápido cambio en la dominancia acumulada asociado a un, comparativamente, menor número de especies en la muestra.

El análisis de agrupamiento comunitario (Fig. 3) entre estaciones muestra clara coherencia con los resultados de densidad expuestos en la Tabla 2. Es decir, existe relación entre las densidades contabilizadas para las estaciones S4, E23 y E32 (en diferente grado de similaridad), mientras que la E6 constituyó un caso más alejado en términos de densidad.

Esto es particularmente interesante si consideramos los grupos más dominantes en cada caso. Como se ha mencionado, básicamente las dominancias numéricas estuvieron conducidas por nemátodos (en este

caso, monistériidos) y poliquetos (en fases larvales o juveniles). Así que el agrupamiento mostrado en la Figura 3A también toma en cuenta estas características comunitarias y explica los agrupamientos de acuerdo con el taxón dominante, esto es, la dominancia relativa (DR) de los nemátodos (N) o poliquetos (P) según sea el caso. De esta forma se pueden diferenciar estaciones que fueron agrupadas por su dominancia numérica sustentada en nemátodos o poliquetos. La E6 tuvo a *M. phyllisae* como la especie que mejor representó sus densidades, pero éstas fueron comparativamente diferentes (en órdenes de magnitud) que aquellas registradas para las demás estaciones (dominadas por nemátodos).

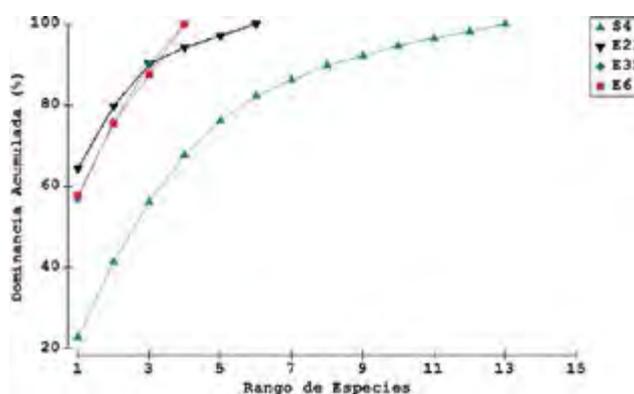


Figura 2.- Curvas de dominancia acumulada y rango de especies

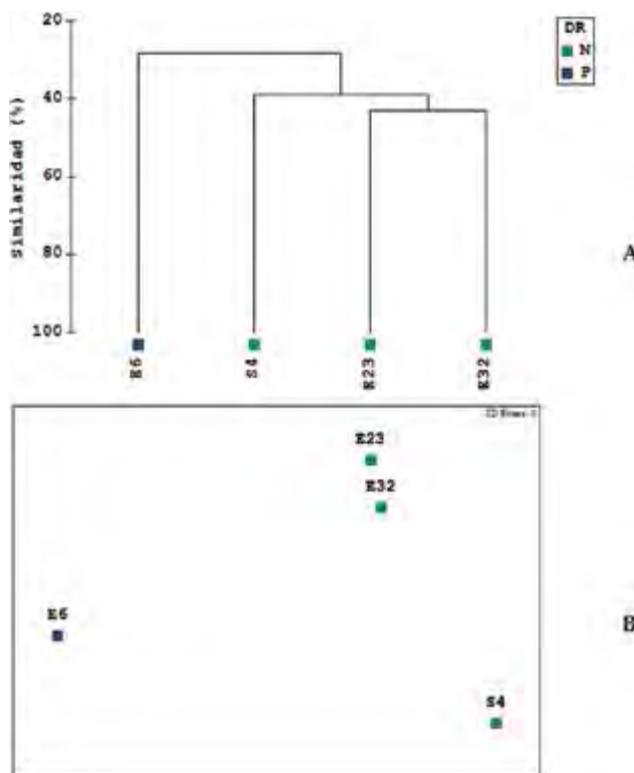


Figura 3.- Análisis de agrupamiento (A) y escalamiento NMDS (B) entre estaciones, basado en la matriz de similaridad Bray-Curtis. DR: Dominancia, N: Nemátodos, P: Poliquetos

El análisis de escalamiento (NMDS, Fig. 3B) para explorar relaciones espaciales, también muestra clara asociación entre estaciones donde los nemátodos fueron dominantes en densidad y muy alejada similaridad numérica (< 30%) en la estación E6 (donde predominó *M. phyllisae*, ver Figura 3). No obstante, también se puede corroborar que la S4, debido a la relativa uniformidad observada en sus densidades, está espacialmente diferenciada, como un agrupamiento independiente y sólo se ajusta en similaridad en alrededor de 40% (porcentaje explicado principalmente por las altas densidades registradas en las familias de nemátodos).

DISTRIBUCIÓN VERTICAL EN LA COLUMNA DEL SEDIMENTO

El mayor poblamiento meiofaunal estuvo concentrado en la capa superficial del sedimento (0-1 cm), especialmente importante fue la distribución de los nemátodos seguido de los poliquetos (Tabla 3).

Las densidades totales de los nemátodos fueron comparativamente altas (303 Ind/10 cm², S4) y también muy bajas (1 Ind/10 cm², E6). Algo similar ocurrió en la subsuperficie inmediata (1-2 cm) en ambos grupos dominantes, aquí las densidades fluctuaron entre 12 y 175 Ind/10 cm².

Las densidades en los centímetros inferiores (2-5 cm) mostraron una reducción ostensible, en más de un orden de magnitud, especialmente en grupos como los poliquetos, cuyas densidades y diversidad máximas se observaron esencialmente en la superficie.

Sin embargo, en el caso de la estación S4 se detectó un poblamiento de moluscos (bivalvos y gastrópodos) importante en el centímetro inferior del sedimento analizado (4-5 cm), la mayor parte de estos individuos (cuyos rangos de tamaño adulto corresponden a la macrofauna) estuvieron constituidos por fases larvales iniciales asociadas (meiofauna temporal).

Aunque los nemátodos de vida libre dominan en toda la columna, especialmente en la superficie, en proporción a la densidad total, solo en el centímetro superior (0-1 cm) comparten el hábitat con más de un grupo meiofaunal. Debido a esto, sus dominancias fluctúan entre 58% (E23) y 79,1% (E32). En el caso de la estación E6, el dominio numérico pasó al grupo Polychaeta, el cual estuvo representado por *M. phyllisae* en el cien por cien de los conteos (Tabla 4). En el caso del nivel 1-2 cm, la dominancia fluctuó entre 15% (E32) y 87,8% (E6), valores que estuvieron representados por la familia de nemátodos Monhysteridae y *M. phyllisae*, respectivamente.

Las densidades relativas van disminuyendo progresivamente con la misma tendencia (proporcional con la profundidad); sin embargo, aunque en menor magnitud numérica, los moluscos fueron los más numerosos en subsuperficie (4-5 cm) especialmente

Tabla 3.- Distribución vertical de los principales filos de la meiofauna. El símbolo (-) indica ausencia

| | S4 | E23 | E32 | E6 |
|------------|-----|-----|-----|----|
| 0-1 | 303 | 243 | 61 | 1 |
| Nematoda | 278 | 200 | 59 | - |
| Annelida | 19 | 43 | 2 | 1 |
| Arthropoda | 6 | - | - | - |
| 1-2 | 96 | 175 | 12 | 22 |
| Nematoda | 96 | 175 | 12 | 3 |
| Annelida | - | - | - | 19 |
| 2-3 | 15 | 1 | - | 2 |
| Nematoda | 14 | - | - | 1 |
| Annelida | 1 | 1 | - | 1 |
| 3-4 | 2 | - | 4 | - |
| Nematoda | 2 | - | 4 | - |
| 4-5 | 24 | - | 1 | - |
| Nematoda | 1 | - | 1 | - |
| Mollusca | 23 | - | - | - |

Tabla 4.- Densidades relativas (%) de la meiofauna en la columna del sedimento. El símbolo (-) indica ausencia

| | S4 | E23 | E32 | E6 |
|---------------------------|------|------|------|------|
| 0-1 | 69,1 | 58,0 | 79,1 | 4,1 |
| Nematoda | 13,7 | - | 9,1 | - |
| Chromadoridae | 0,8 | - | - | - |
| Monhysteridae | 54,4 | 82,3 | 81,8 | - |
| Desmodoridae | 23,0 | - | 5,8 | - |
| <i>Hermundura fauveli</i> | 0,3 | - | - | - |
| <i>Magelona phyllisae</i> | 1,3 | 11,5 | 3,3 | 100 |
| <i>Sigambra bassi</i> | - | 0,4 | - | - |
| <i>Aricidea</i> sp. | 0,3 | - | - | - |
| <i>Cirratulus</i> sp. | 3,8 | - | - | - |
| Spionidae | 0,3 | 0,4 | - | - |
| Oligochaeta | - | 5,3 | - | - |
| Harpacticoida | 1,5 | - | - | - |
| Poecilostomatoida | 0,5 | - | - | - |
| 1-2 | 21,8 | 41,8 | 15,0 | 87,8 |
| Nematoda | - | 0,6 | 4,3 | - |
| Chromadoridae | 97,4 | - | - | 2,3 |
| Monhysteridae | 2,6 | 99,4 | 95,7 | 9,3 |
| <i>Magelona phyllisae</i> | - | - | - | 88,4 |
| 2-3 | 3,3 | 0,2 | - | 8,2 |
| Nematoda | - | - | - | 25,0 |
| Chromadoridae | 96,6 | - | - | - |
| <i>Magelona phyllisae</i> | - | - | - | 75,0 |
| Spionidae | 3,4 | 100 | - | - |
| 3-4 | 0,5 | - | 5,2 | - |
| Nematoda | 100 | - | 12,5 | - |
| Monhysteridae | - | - | 87,5 | - |
| 4-5 | 5,4 | - | 0,7 | - |
| Nematoda | 2,1 | - | - | - |
| Monhysteridae | - | - | 100 | - |
| Bivalvia | 93,6 | - | - | - |
| Gastropoda | 4,3 | - | - | - |

en la estación S4 y, consecuentemente, superaron a los nemátodos en algunas secciones del sedimento de dicha estación.

M. phyllisae ha sido el poliqueto más representativo tanto en la distribución espacial (una especie discriminante) como en su distribución vertical en el sedimento durante el estudio. En la estación E6 este espionido penetró en la columna del sedimento no sólo hasta la subsuperficie (1-2 cm) donde logró la mayor densidad relativa (88,4%), sino también, en el centímetro 2-3 logrando el 75% del total registrado.

Las densidades registradas en el primer centímetro del sedimento son las más altas, pero también las más variables en toda la columna (Fig. 4) porque, al parecer, las condiciones de flujo de corriente entre estaciones están muy diferenciadas. Esto ha ocurrido en todas las estaciones evaluadas, especialmente en la capa superficial (0-2 cm) donde se produce la mayor parte de la actividad biológica del bentos. En cambio, estas fluctuaciones son menores en los centímetros inferiores, donde sólo la sobrevivencia de algunos nemátodos explica las densidades más importantes.

En otros casos, como en la S4, se entiende que el poblamiento más profundo por parte de moluscos obedece más a un proceso de asentamiento y reclutamiento característico en este filo, algo que ocurre tanto en fondos de tipo arenoso como fangoso.

En la figura 4 también se observa que, aunque comparativamente, los poliquetos mostraron las mayores densidades, estas no fueron tan altas como la de los nemátodos. Por simple inspección la estación E6 parece ser menos similar (ver Fig. 3) no sólo en sus densidades totales, sino también en su distribución vertical y adicionalmente exhibieron menor variabilidad entre réplicas (menor desviación estándar).

Es importante mencionar que, de todos los grupos identificados, sólo los nemátodos estuvieron regularmente poblando las cinco fracciones del sedimento, aunque, a diferencia de lo que ocurre en fondos fangosos, en los fondos de Bahía Miraflores-Carpayo existe comparativamente menor dominancia debido al éxito de otros grupos de la meiofauna en este tipo de ambientes.

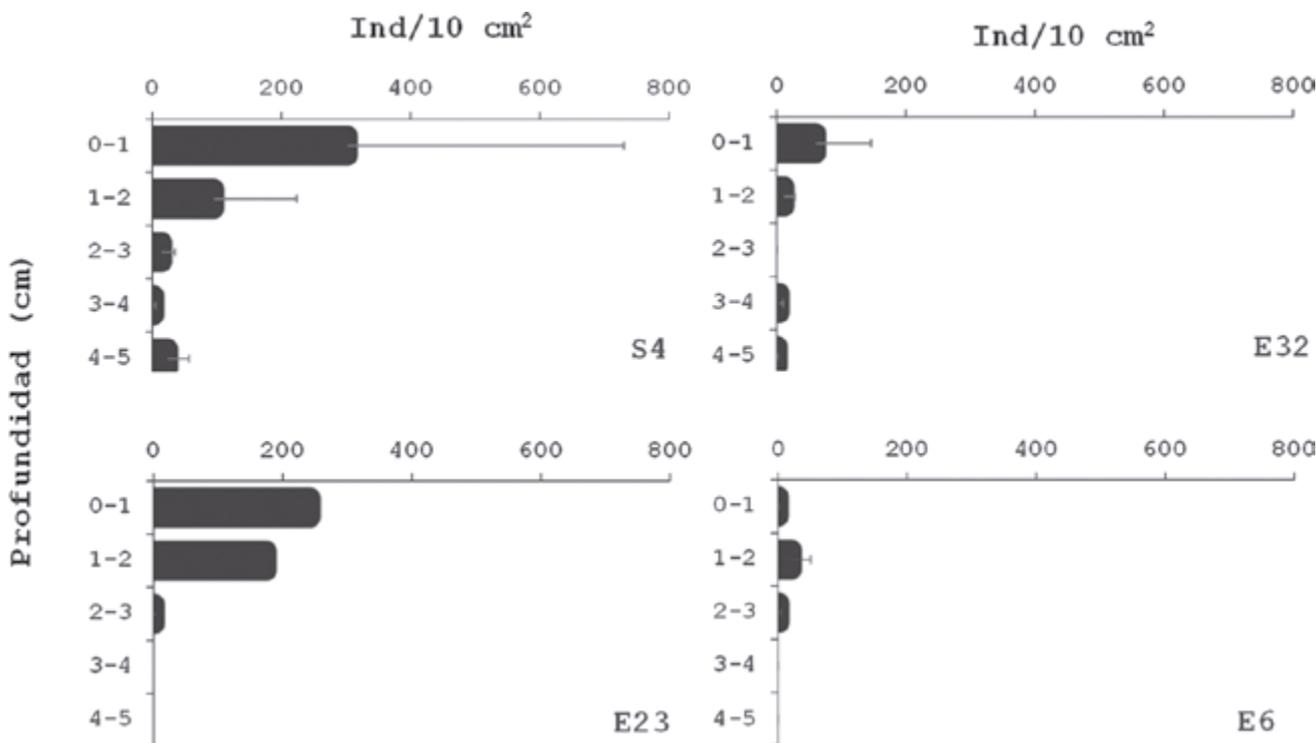


Figura 4.- Distribución vertical de las densidades totales (Ind/10 cm²) de la meiofauna

4. DISCUSIÓN

DIVERSIDAD FILÉTICA

En este trabajo se muestra una comunidad relativamente diversa, con grupos característicos del bentos marino y con algunas familias de nemátodos comparativamente frecuentes y abundantes. No obstante, la diversidad de familias de nemátodos hallada sugiere que este grupo también es exitoso en este tipo de hábitats, a pesar de ser generalmente presa de otros individuos como los poliquetos (NEIRA y HÖPNER 1994, COULL 1999, LEVIN *et al.* 2002, LEVIN 2003) y de tener fuerte competencia por parte de un amplio espectro de otras especies de la macrofauna cuyas poblaciones son exitosas en estos tipos de ambientes más oxigenados y menos extremos.

Las larvas de varias especies de poliquetos son buenas indicadoras de las condiciones favorables de los sitios evaluados, estos anélidos son un grupo altamente competitivo dentro de la meiofauna, tanto en términos de diversidad como en densidad (COULL 1999, GIERE 2009). De hecho, estos metazoarios son exitosos poblando gran gama de diferentes hábitats bentónicos (GIERE 1993, 2009) y exhiben amplios y continuos procesos de dispersión a diferentes escalas de tiempo y espacio (ventaja que obtienen, entre otras razones, gracias a sus estrategias de reproducción y dispersión de huevos y larvas).

Es notoria la pobre presencia del grupo Crustacea, el cual generalmente aparece en este tipo de ambientes de forma más dominante en términos numéricos. Sin embargo, este grupo también es conocido por tener altas fluctuaciones de densidad, asociadas a patrones de migración, alimentación, reproducción, etc. (HEIP y HERMAN 1985) un factor que puede explicar (tentativa y parcialmente) por qué no fue posible verlos durante el estudio.

Otro aspecto que es claro en los resultados de este estudio es el positivo poblamiento vertical de la meiofauna (principalmente representados por nemátodos y poliquetos). La incursión vertical en la columna del sedimento es difícil por dos aspectos básicos (entre los principales): (1) la deficiencia natural de oxígeno en el medio sedimentario (lo cual requiere un alto grado de adaptación) con un consecuente alto costo metabólico que demanda este movimiento y (2) la morfología requerida para ingresar eficientemente en el sedimento (aun cuando este sea blando).

En áreas espacialmente cercanas, pero más profundas y con más clara deficiencia de oxígeno tanto en la columna de agua como especialmente sobre el fondo, como ocurre en el Callao (LEVIN *et al.* 2002, LEVIN

2003) donde el tipo de sedimento es más determinante y además el control comunitario también es afectado por la disponibilidad de materia orgánica, es difícil observar un poblamiento homogéneo en los centímetros inferiores de la columna del sedimento. En cambio, es más probable observar dominancia de sólo algunos filos importantes y altamente adaptados como los nemátodos de vida libre.

Desde el punto de vista de la diversidad hallada, es trascendental resaltar la presencia de una familia de nemátodos no observada antes en el Callao (probablemente, registrada por primera vez en esta área de la costa peruana) como es la familia Monhysteridae, la cual ha sido (entre la mayoría de los nemátodos analizados) la más importante y ha marcado el patrón de cambio tanto en aspectos de diversidad como en densidad, entre estaciones y dentro del poblamiento en la columna del sedimento. En otras áreas de estudio, los monistéridos han sido encontrados en fondos que van desde los más costeros (GERLACH y RIEMANN 1973) hasta hábitats muy profundos (GIERE 1993, 2009).

Especies generalistas, como muchas pertenecientes al grupo Nematoda, tienen ventaja competitiva frente a otras más especializadas en el tipo de alimento y, por lo tanto, limitadas sólo a determinadas áreas dentro del sedimento (NOVAK 1989, 1992). Generalmente, este aspecto se refleja en los patrones de dominancia y densidad meiofaunal. Sin embargo, lo que sí es claro hasta ahora es el rol que juega la calidad del material orgánico que sedimenta al fondo especialmente en términos energéticos (DANOVARO *et al.* 2000, GRÉMARE *et al.* 2002) y cómo este factor modula la presencia de las comunidades bentónicas, por ejemplo la formada por los nemátodos.

Dichas características del sedimento son cruciales y tienen importantes repercusiones ecológicas para la diversificación de grupos como Nematoda y Polychaeta (debido a la especialización trófica, lo cual conlleva a un aprovechamiento diferenciado del hábitat).

Por otro lado, los poliquetos que han sido identificados también son frecuentes en otras áreas de estudio (como grupo competidor por espacio, materia orgánica y en otros casos como grupo depredador). Entre los poliquetos, los espiónidos son los que mayormente son exitosos para sobrevivir desde la columna de agua (en el momento en que están en fases larvales plantónicas) y cuando ocurre el proceso de asentamiento. Debido a la poca profundidad de las estaciones muestreadas es probable que la mayor parte de la dinámica ontogénica de este grupo esté ocurriendo en la capa de borde bentónico, esto es, muy cerca al fondo.

Esto explicaría, en parte, porqué se observan individuos en fase metatrocófora (una fase pelágica - semipelágica) o nectoqueta (larva avanzada) en las muestras recolectadas en sedimentos, algo similar puede decirse de los moluscos (Fig. 5). En este mismo orden de ideas, la importante presencia, en términos numéricos, de moluscos bivalvos y gastrópodos en fases larvales en los centímetros inferiores de la columna del sedimento de la S4, sugiere un reclutamiento activo en este grupo algo que es difícil de observar en otros tipos de ambientes cercanos como los hábitats bentónicos fangosos frente a Callao.

DENSIDAD

Las densidades estuvieron sustentadas básicamente en los nemátodos y entre éstos el grupo Monhysteridae fue el más importante. En otros ambientes bentónicos

como los de Callao y Pisco, en estaciones someras ubicadas entre 30 y 50 m, son otras las familias que gobiernan el patrón de la densidad (por ejemplo, Chromadoridae, Desmodoridae). Los resultados aquí expuestos muestran por primera vez un cambio en esa dominancia entre familias.

Al igual que en fondos fangosos, los nemátodos logran penetrar los centímetros inferiores del sedimento, esto es coherente con resultados obtenidos en otras áreas someras de estudio con fondos arenosos o de características mixtas (SCHERER 1985, GIERE 1993, 2009; ÓLAFSSON 1995) lo cual demuestra un exitoso mecanismo de adaptación de este grupo no sólo para competir por el espacio, sino también, para enfrentar interacciones como la depredación por parte de los poliquetos, algo que es común en este tipo de ecosistemas marinos someros (COULL 1990, 1999, GIERE 2009).



Figura 5. Algunos ejemplos de organismos meiofaunales hallados durante el estudio (fotografías no escaladas). Nemátodos de la familia Monhysteridae (a) y Desmodoridae (b), y otro ejemplar en revisión (c). Copépodos de los Órdenes Cyclopoida (Suborden Poecilostomatoida) (d) y Harpacticoida (e). Poliquetos de la familia Spionidae (f). Moluscos bivalvos (g, h) y gastrópodos (i, j)

De igual forma, la reiterada presencia de *Magelona phyllisae*, que fue importante en la densidad contabilizada en más de una estación, sugiere no sólo un continuo éxito en los procesos de reproducción y dispersión de larvas de esta especie, sino también confirma algo que se ha observado en otras áreas cercanas como Callao durante diferentes períodos (SALZWEDEL *et al.* 1988, QUIPÚZCOA *et al.* 1998, LEVIN, 2003).

5. CONCLUSIONES

Los resultados aquí expuestos constituyen los primeros hallazgos acerca del ordenamiento de la comunidad meiofaunal en un tipo de sedimento arenoso, dominado por nemátodos de vida libre (hasta 90% en algunos casos), pero muy variable entre áreas espacialmente cercanas, lo cual sugiere cambios de alta frecuencia (asociados a ¿corrientes? ¿Eventos de floración microalgal?), un tema que deberá ser explorado.

Los anélidos poliquetos fueron muy frecuentes en las cuatro estaciones; mientras que los artrópodos fueron, comparativamente, escasos. En relación a la diversidad total encontrada, aunque dependiente del grado de resolución taxonómica empleado, se observó un importante número de taxa, los que estuvieron principalmente representados por las familias de nemátodos de vida libre. De éstas, la familia Monhysteridae fue la más importante en densidad y ha marcado el patrón de cambio, principalmente, en la densidad entre estaciones y dentro de la columna del sedimento.

Magelona phyllisae ha sido el poliqueto más representativo tanto en la distribución espacial (una especie discriminante para este estudio) como en su distribución vertical en el sedimento. La reiterada presencia de *M. phyllisae* siendo importante en la densidad, sugiere no sólo un continuo éxito en sus procesos de reproducción y dispersión de larvas, sino también, confirma observaciones actuales realizadas en áreas cercanas como Callao.

La superficie del sedimento (principalmente en 0-1 cm en este caso), reflejó la mayor parte de la actividad biológica encontrada, tanto en densidad como en diversidad. Sin embargo, en los centímetros intermedios o subsuperficiales, moluscos bivalvos y gastrópodos en fases larvales poblaron típicamente estos sectores de la columna del sedimento; este ordenamiento también sugiere un reclutamiento activo en este gran grupo (rápido asentamiento y posterior enterramiento en la superficie del sedimento).

Esto último también es un tema clave a considerar en futuros estudios, especialmente en el caso de la evaluación de especies bentónicas de importancia comercial, cuyos enfoques de análisis podrían mejorar ostensiblemente si se explora la señal de reclutamiento *in situ* (es decir, la cuantificación y caracterización del componente larval en el sedimento).

Agradecimientos

Este documento ha sido producido en el marco de las actividades del Proyecto: "Estudio Integrado de los Procesos Químicos, Físicos y Biológicos en Ecosistemas de Borde Costero", conducidos desde la Dirección de Oceanografía y Cambio Climático y financiados por el Instituto del Mar del Perú.

6. REFERENCIAS

- ALLER R C, ALLER J Y. 1992. Meiofauna and solute transport in marine muds. *Limnology and Oceanography*. 37: 1018-1033.
- CLIFFORD H T, STEPHENSON W. 1975. An introduction to numerical classification. London: Academic Express. 229 pp.
- COULL B C. 1990. Are members of the meiofauna food for higher trophic levels? *Transactions of the American Microscopically Society*. 109: 233-246.
- COULL B C. 1999. Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. *Australian Journal of Ecology*. 24: 327-343.
- DANOVARO R, TSELEPIDES A, OTEGUI A, DELLA CROCE N. 2000. Dynamics of meiofaunal assemblages on the continental shelf and deep-sea sediments of the Cretan Sea (NE Mediterranean): relationships with seasonal changes in food supply. *Prog. Oceanogr.* 46: 367 – 400.
- GERLACH S A, RIEMANN F. 1973. The Bremerhaven checklist of aquatic nematodes, Vol. 1. *Veröffentlichungen Institut für Meeresforschung Bremerhaven. Supplement 4*: 1-734.
- GIERE O. 1975. Population structure, food relations and ecological role of marine oligochaetes. With special reference to meiobenthic species. *Mar Biol*. 31: 139-156.
- GIERE O. 1993. *Meiobenthology. The microscopic fauna in aquatic sediments*. Springer-Verlag, Berlin. 328 pp.
- GIERE O. 2009. *Meiobenthology. The microscopic motile fauna of aquatic sediments*. Springer-Verlag, Berlin. 527 pp.
- GRÉMARE A, MEDERNACH L, DEBOVEE F, AMOUROUX J M, VETTON G, ALBERT P. 2002. Relationships between sedimentary organics and benthic meiofauna on the continental shelf and the upper slope of the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*. 234: 85-94.
- HEIP C, HERMAN P M. 1985. The stability of a benthic copepod community. En: *Proceedings of the 19th European marine biology symposium*. Gibbs, PE (Ed.). Cambridge University Press, Columbia. 255-263.
- HEIP C, VINCX M, SMOL N, VRANKEN G. 1982. The Systematics and Ecology of free-living marine nematodes. *Helminthological Abstracts. Serie B. Plant Nematology*. 51(1): 1-28.

- HOPE W D, MURPHY D G. 1972. A Taxonomic Hierarchy and Checklist of the Genera and Higher Taxa of Marine Nematodes. Smithsonian Contributions to Zoology Number 137. Smithsonian Institution Press. 112 pp.
- LEVIN L A, HUGGETT C L, WISHNER K F. 1991. Control of deep-sea benthic community structure by oxygen and organic matter gradients in the Eastern Pacific Ocean. *J. Mar. Res.* 49: 763-800.
- LEVIN L A, GUTIÉRREZ D, RATHBURN A E, NEIRA C, SELLANES J R, MUÑOZ P, GALLARDO V, SALAMANCA M. 2002. Benthic processes on the Peru margin: A transect across the oxygen minimum zone during the 1997-98 El Niño. *Progress in Oceanography*. 53: 1-27.
- LEVIN L A. 2003. Oxygen minimum zone benthos: adaptation and community response to hypoxia. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. 41: 1-45.
- LORENZEN S. 1994. The Phylogenetic Systematics of Freelifing Nematodes. London: The Ray Society. 383 pp.
- MACARTHUR R H. 1972. Geographical Ecology: Patterns in the distributions of species. New York: Harper & Row. 288 pp.
- MARIA T F, MORGADO A, SMOL N. 2009. *Chromaspirina guanabarensis* sp. n. (Nematoda: Desmodoridae) and a new illustrated dichotomous key to *Chromaspirina* species. *Zootaxa*. 2092: 21-36.
- NEIRA C, T HÖPNER T. 1994. The role of *Heteromastus filiformis* (Capitellidae, Polychaeta) in organic carbon cycling. *Ophelia*. 39: 55-73.
- NOVAK R. 1989. Ecology of nematodes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. 1. General part and faunistics of the nematode community. *Mar Ecol. PSZN*. 10: 335-363
- NOVAK R. 1992. Dynamic aspects of seagrass-nematode community structure. En: Colombo G, Ferrari I, Ceccherelli VU, Rossi R (Eds.) Marine eutrophication and population dynamics, with a special section on the Adriatic Sea. Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark. 277-284 pp.
- ÓLAFSSON E. 1995. Meiobenthos in mangrove areas in eastern Africa with emphasis on assemblage structure of free-living nematodes. *Hydrobiologia*. 312: 42-57.
- PLATT H M, WARWICK R M. 1983. Free-living Marine Nematodes. Part I British Enoplids, Cambridge University Press, Cambridge. 307 pp.
- PLATT H M, WARWICK R M. 1988. Free-living Marine Nematodes (Part II British Chromadorids) Synopses of the British Fauna (New series). No 38.
- QUIPÚZCOA L, VELAZCO F, CASTAÑEDA H, MARQUINA R. 1998. Estudios de bentos y sedimentología durante el crucero oceanográfico BIC Humboldt 9706-07. *Inf. Prog. Inst. Mar Per.* (79): 16-29.
- SALZWEDEL H, FLORES L, CHUMÁN DE FLORES E, ZAFRA A, CARBAJAL G. 1988. Macrozoobentos del sublitoral peruano antes, durante y después de El Niño 1982-83. Memorias del Segundo Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR), 17-21 Agosto 1987, Lima, Perú (Tomo I). Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano; Salzwedel H, A Landa (Eds.). *Bol. Inst. Mar Per.*, Vol. Extraordinario. 77-98.
- SCHERER B. 1985. Annual dynamics of a meiofauna community from the sulfide layer of a North Sea sand flat. *Microfauna Marina*. 2: 117-161.
- SHANNON C E, W WEAVER W. 1949. The mathematical theory of communication. Urbana, Illinois: University of Illinois Press.
- TODARO M A. 1992. Contribution to the study of the Mediterranean meiofauna: Gastrotricha from the Island of Ponza, Italy. *Boll. Zool*. 59: 321-333.
- TODARO M A, BALSAMO M, TONGIORGI P. 1992. Marine gastrotrichs from the Tuscan Archipelago (Tyrrhenian Sea): I. Macrodasyida, with description of three new species. *Boll. Zool*. 59: 471-485
- TODARO M A, BALSAMO M. 1995. Marine gastrotrichs from Sicily (Italy). *Biol. Gallo-Hellenica*. 22: 291-292.
- ZUTA S, GUILLEN O. 1970. Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. *Bol Inst Mar Perú- Callao*. 2(5): 161-223.