

# DIVERSIDAD MACROBENTÓNICA EN UN ÁREA DEL ECOSISTEMA DE AFLORAMIENTO DE LA COSTA CENTRAL DEL PERÚ (HUACHO, 11°S)

## DIVERSITY OF BENTHIC MACROFAUNA IN AN UPWELLING ECOSYSTEM AREA OF THE CENTRAL COAST OF PERÚ (HUACHO, 11°S)

Luis Quipúzcoa<sup>1</sup> Robert Marquina<sup>2</sup> Jorge Tam<sup>3</sup>

### RESUMEN

QUIPÚZCOA, L., MARQUINA, R. y TAM, J. (2023). *Diversidad macrobentónica en un área del ecosistema de afloramiento de la costa central de Perú (Huacho, 11°S)*. *Inf Inst Mar Perú*, 50(2), 259-276.- En noviembre 2018, en el área piloto de Huacho se encontraron 28 taxa de los cuales 20 correspondieron a la Clase Polychaeta, 1 al Subphylum Crustacea, 2 al Phylum Mollusca, 1 al Phylum Echinodermata, 1 al Phylum Nemertea, y entre otros a Phoronida, Actiniaria y Enteropneusta. Porcentualmente, tanto en abundancia como en biomasa, Polychaeta alcanzó el 70 %. El número de especies encontrado fue menor a 15 spp. 0,075 m<sup>-2</sup>, con mayor riqueza en la zona norte cercana a isla Don Martín y al sur frente a Punta San Juan, Playa Arenilla y Playa Herradura. La mayor densidad fue registrada en la estación E44 con 23 270 ind. m<sup>-2</sup>, frente a Playa la Arenilla. En promedio, las estaciones E44 con 122,951 g m<sup>-2</sup> y la E62 con 77,800 g m<sup>-2</sup> obtuvieron la mayor biomasa húmeda. El índice de riqueza de Margalef varió entre 0,000 y 1,526 y la equidad de Pielou al norte de Huacho estuvieron entre 0,485 y 0,827. El índice de diversidad específica de Shannon, comprendió de 0,086 bits/ind. (E47) a 2,913 bits/ind (E43). El análisis de clasificación identificó dos grupos bien diferenciados, uno grande (G1) muy homogéneo caracterizado por *Magelona phyllisae* y *Hermundura fauveli*; y otro grupo (G2) menor en cobertura espacial caracterizado por *M. phyllisae*, *H. fauveli*, *Paraprionospio pinnata*, *Owenia collaris*, *Phoronis* sp., *Leitoscoloplos chilensis* y *Sigambra bassi*.

PALABRAS CLAVE: diversidad bentónica, disóxico, Huacho, costa central del Perú

### ABSTRACT

QUIPÚZCOA, L., MARQUINA, R., and TAM, J. (2023). *Diversity of benthic macrofauna in an upwelling ecosystem area of the central coast of Perú (Huacho, 11°S)*. *Inf Inst Mar Perú*, 50(2), 259-276.- In November 2018, a total of 28 taxa were found in the Huacho Pilot Area, including 20 corresponding to the Class Polychaeta, 1 to the Subphylum Crustacea, 2 to the Phylum Mollusca, 1 to the Phylum Echinodermata, 1 to the Phylum Nemertea, and others such as Phoronida, Actiniaria, and Enteropneusta. Polychaeta represented 70% of both abundance and biomass. The number of species found was less than 15 spp. 0.075 m<sup>-2</sup>, with greater richness in the northern zone near Don Martín Island and the south, off Cape San Juan and the beaches Arenilla and Herradura. The highest density was recorded at station E44 with 23,270 ind. m<sup>-2</sup>, off the coast of Arenilla Beach. On average, stations E44 with 122.951 g m<sup>-2</sup> and E62 with 77.800 g m<sup>-2</sup> obtained the highest wet biomass. The Margalef's richness index varied between 0.000 and 1.526 and the Pielou's evenness index north of Huacho fluctuated from 0.485 to 0.827. The Shannon's diversity index ranged from 0.086 bits/ind. (E47) to 2.913 bits/ind (E43). The classification analysis identified two well-differentiated groups, one large (G1) and very homogeneous characterized by *Magelona phyllisae* and *Hermundura fauveli*, and another smaller group (G2) characterized by *M. phyllisae*, *H. fauveli*, *Paraprionospio pinnata*, *Owenia collaris*, *Phoronis* sp., *Leitoscoloplos chilensis*, and *Sigambra bassi*.

KEYWORDS: benthic diversity, dysoxic, Huacho, central Peruvian coast

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio realizado como Línea de Base (LB) en el área piloto de Huacho fue elaborado en el marco del proyecto: "Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en el Ecosistema Marino Costero del Perú y sus Pesquerías", Componente 2 : "Desarrollo de un sistema de vigilancia y predicción ambiental moderno y eficiente en los ecosistemas marinos costeros a escala regional y

local que apoya la gestión de la pesca adaptativa bajo los principios del EEP", Actividad 2.1.2: "Establecimiento de programas de vigilancia del ambiente marino en sitios piloto en coordinación con los actores locales".

Este trabajo fue elaborado como parte del objetivo específico del IMARPE: "Impacto de los Cambios Climáticos en los ecosistemas marinos frente al Perú: vulnerabilidad, riesgo, modelado

1 IMARPE, Dirección General de Investigaciones en Oceanografía y Cambio Climático (DGIOCC), Laboratorio de Bentos Marino (LBM), lquipuzcoa@imarpe.gob.pe, <https://orcid.org/0000-0002-4775-9562>

2 IMARPE, DGIOCC, LBM, <https://orcid.org/0000-0002-8899-8279>

3 IMARPE, DGIOCC, Laboratorio de Modelado Oceanográfico, Ecosistémico y del Cambio Climático (LMOECC), <https://orcid.org/0000-0001-8224-4313>

y adaptación". En este contexto, la Dirección General de Investigaciones en Oceanografía y Cambio Climático (DGIOCC) realizó la prospección de Línea de Base en el área piloto de Huacho en noviembre de 2018. El estudio se enfocó en las condiciones físico-químicas y biológicas del fondo marino (comunidades bentónicas) como componente del ecosistema marino, evaluando cambios ecológicos de la zona litoral y plataforma.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio conforma parte del sector denominado por SCHWEIGGER (1947) como Costa Central del Perú y latitudinalmente entre 11,02°S, a la altura de Punta Végueta y 11,42°S, al sur de Playa Herradura, norte de Chancay, donde se incluyeron 5 secciones perpendiculares a la costa: Végueta, Huacho, Humedal Paraíso, Playa Arenilla y el sur de Playa Herradura. Fueron 22 muestras de sedimentos blandos submareales analizados, obtenidas mediante dragado, según la distribución presentada en la Figura 1.

Los muestreos realizados a bordo de la E/C IMARPE IV, se efectuaron en noviembre 2018. Parámetros oceanográficos de fondo fueron colectados con un CTD – SBE19 (*conductivity, temperature and depth*) también se obtuvo muestras de agua cercana al fondo para la medición del oxígeno disuelto, mediante lanzamientos de botellas Niskin. La determinación de oxígeno disuelto se realizó empleando el método de Winkler modificado por CARRIT & CARPENTER (1966).

Para el muestreo del macrobentos, se empleó una draga van Veen (0,075 m<sup>2</sup>) con 2 a 3 lanzamientos replicados positivos (> 50 % de llenura). El sedimento colectado fue tamizado a bordo, en una malla de 500 µm, luego el material retenido guardado en frascos debidamente rotulados y fijado con alcohol al 96 %. En laboratorio, las muestras fijadas fueron lavadas para posteriormente realizar las separaciones primarias con ayuda de un microscopio estereoscopio, siguiendo los procedimientos y protocolos establecidos (IMARPE, 2017)

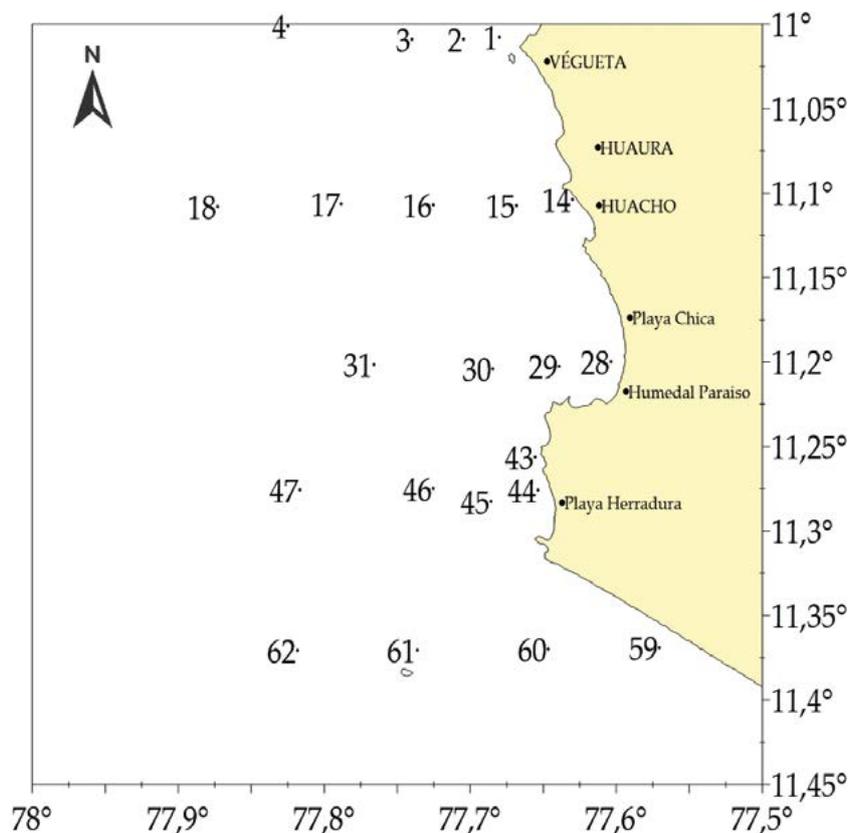


Figura 1.- Distribución de: estaciones de muestreo de macrobentos. Línea Base Huacho, noviembre 2018

La determinación de organismos, se realizó hasta el menor nivel taxonómico posible con ayuda de bibliografía especializada. Se usó literatura como: FAUCHALD (1977), HOBSON & BANSE (1981) para la determinación del Phylum Annelida; BARNARD & KARAMAN (1991) Orden Amphipoda y ALAMO y VALDIVIESO (1997) Phylum Mollusca. Los organismos fueron contabilizados considerando la presencia de la región anterior completa (densidad en individuos) y el peso o biomasa húmeda en gramos con aproximación hasta con 0,0001 dígitos. Posteriormente, para el tratamiento de los datos, ambos parámetros se expresaron al metro cuadrado.

Cuantitativamente, el bacteriobentos filamentoso (*Candidatus* Marithioploca), fue expresado en porcentaje de vainas o estuches con presencia de filamentos, y su respectiva biomasa húmeda expresada en gramos por metro cuadrado. Entre la literatura citada para esta componente se consultó a Jørgensen & GALLARDO (1999), SALMAN *et al.* (2011) y GALLARDO *et al.* (2013).

### Análisis de datos

Se empleó el programa PRIMER 6 + Permanova versión 6.1.13. Se calcularon índices de diversidad univariados clásicos de riqueza (d), diversidad de Shannon ( $H'$ ,  $\log_2$ , SHANNON, 1948) y el índice de dominancia de Simpson para la fauna total determinada cuantificada. Una posterior transformación de raíz cuarta se efectuó sobre una matriz reducida de abundancia (especies, >1 % del total) y la elaboración de una matriz de similitud utilizando el índice de Bray-Curtis, para análisis de conglomerados (análisis nodal).

Para identificar cambios en la estructura de la comunidad se utilizaron dos índices de diversidad taxonómica:

(1) índice de distinción taxonómica promedio delta ( $\Delta+$ ), basado en presencia/ausencia de las especies y actúa como indicador cualitativo. Evalúa la riqueza junto con la distancia taxonómica entre cada par de especies, por medio de una matriz de agregación taxonómica general ordenada de especie a Phylum (niveles taxonómicos). A cada nivel se le asignó un valor, de esta manera 16,7 para la misma especie, 33,3 para especies diferentes en el mismo género, 50 para la misma familia, pero diferente género, 66,7 para mismo

orden, pero diferente familia, 83,3 misma clase, pero diferente orden y 100 para mismo Phylum, pero diferente clase respectivamente;

(2) índice de variación de la distinción taxonómica promedio o lambda ( $\Lambda+$ ), que es matemáticamente la variancia de ( $\Delta+$ ) y mide cómo se encuentran representadas las especies. El contraste de los valores de los índices (delta  $\Delta+$  y lambda  $\Lambda+$ ) genera una distribución de probabilidad al 95 % de confianza visualizado mediante un gráfico de embudo (CLARKE & GORLEY, 2001; CLARKE & WARWICK, 2001).

Se realizó la rutina ANOSIM, mediante comparaciones de grupos por estratos de profundidad y textura de sedimento, factores definidos para esta prueba de permutación no paramétrica, análoga al análisis de varianza, pero basado en índices de similitud.

Para ello se procedió en agrupar por estratos a la profundidad como sigue: I=  $\leq 15$ m, II= 16-30m, III= 31-50m, IV= 51-80m, V=  $\geq 80$ m.

Los agrupamientos en el sedimento, se realizaron considerando de mayor tamaño de grano a sedimento más fino, de esta forma los dos extremos, arena y limo fueron considerados independientemente sin necesidad de agrupación y las demás combinaciones fueron realizadas para tener un número mínimo de representatividad estadística, quedando de la siguiente forma: A= Arena, ALArc= Arena Limosa-Arcillosa, ArcL= Arcilla Limosa, LAArc= Limo Arenoso Arcilloso, L= Limo.

Esta prueba ANOSIM permite contrastar la hipótesis nula ( $H_0$ ) de no diferencia entre los grupos formados para cada factor, de esta manera, si R Global es mayor a cero y  $p < 5\%$ , se infiere que existe diferencia estadística en la estructura de la comunidad y en la abundancia de las especies de la macrofauna. Para conocer qué especies contribuyeron en la similitud y disimilitud dentro y entre grupos se realizó la prueba SIMPER.

La distribución de parámetros comunitarios (número de especies, abundancia y biomasa,) del contenido de oxígeno disuelto de fondo y de clorofila-*a* en sedimento marino, fueron elaboradas utilizando el programa SURFER versión 16.

### 3. RESULTADOS

Entre el 24 y 29 de noviembre 2018, se realizó el Estudio de Línea Base en Huacho, ejecutado en la embarcación científica EC/IMARPE IV.

#### Parámetros abióticos en el fondo

El oxígeno disuelto observado presentó rango entre 0,028 y 1,631 mL. L<sup>-1</sup> (estaciones E18 y E43, respectivamente), en general, la zona costera estuvo mejor oxigenada que la oceánica. Pocas estaciones sobrepasaron el umbral de 0,5 mL.

L<sup>-1</sup>, entre ellas E28, E15, E43 y E44, en las demás estaciones los valores oscilaron entre 0,028 y 0,192 mL. L<sup>-1</sup>.

Asimismo, se exhibe la distribución del contenido de clorofila-*a* en sedimento marino, cuyos valores variaron entre 0,17 y 4,48 µg Ch-*a*/g de sedimento en las estaciones E15 a 20 m frente a Huacho y E28 a 8 m de profundidad frente a Humedal Paraíso. El área costera comprendida entre Playa Chorrillos y Pta. Végueta registraron los menores contenidos del fitopigmento (Tabla 1, Fig. 2a, b).

Tabla 1.- Datos básicos de las estaciones de bentos. Línea Base Huacho, noviembre 2018

Estación	Longitud (°W)	Latitud (°S)	profundidad (m)	Oxígeno mL L <sup>-1</sup>	clorofila-a µg Chl-a / g	tipo sedimento
E1	-77,6801	-11,0077	13	0,192	0,206	Arena Limosa-Arcillosa
E2	-77,7046	-11,0089	33	0,142	0,345	Limo Arenoso Arcilloso
E3	-77,7400	-11,0090	62	0,033	0,642	Limo
E4	-77,8249	-11,0010	100	0,040	1,038	Limo Arenoso Arcilloso
E14	-77,6300	-11,1038	15	0,056	0,341	Limo Arenoso Arcilloso
E15	-77,6684	-11,1074	20	1,040	0,166	Limo Arenoso Arcilloso
E16	-77,7253	-11,1070	66	0,038	1,364	Arcilla Limosa
E17	-77,7884	-11,1064	99	0,035	2,028	Limo Arenoso Arcilloso
E18	-77,8730	-11,1081	132	0,028	1,776	Limo Arenoso Arcilloso
E28	-77,6037	-11,1998	8	0,958	4,482	Arena
E29	-77,6392	-11,2025	31	0,057	0,737	Arena Limosa-Arcillosa
E30	-77,6846	-11,2040	56	0,039	0,853	Limo
E31	-77,7660	-11,2015	97	0,035	1,469	Arcilla Limosa
E43	-77,6556	-11,2563	28	1,631	-	Arena
E44	-77,6536	-11,2758	26	1,432	3,413	Arena
E45	-77,6858	-11,2826	59	0,065	1,237	Arena Limosa-Arcillosa
E46	-77,7254	-11,2750	74	0,041	1,117	Arena Limosa-Arcillosa
E47	-77,8168	-11,2757	114	0,036	3,751	Arena Limosa-Arcillosa
E59	-77,5705	-11,3691	41	0,076	0,776	Arena
E60	-77,6467	-11,3700	64	0,044	0,386	Arena Limosa-Arcillosa
E61	-77,7363	-11,3706	68	0,039	0,725	Arena Limosa-Arcillosa
E62	-77,8184	-11,3708	99	0,042	0,484	Arena

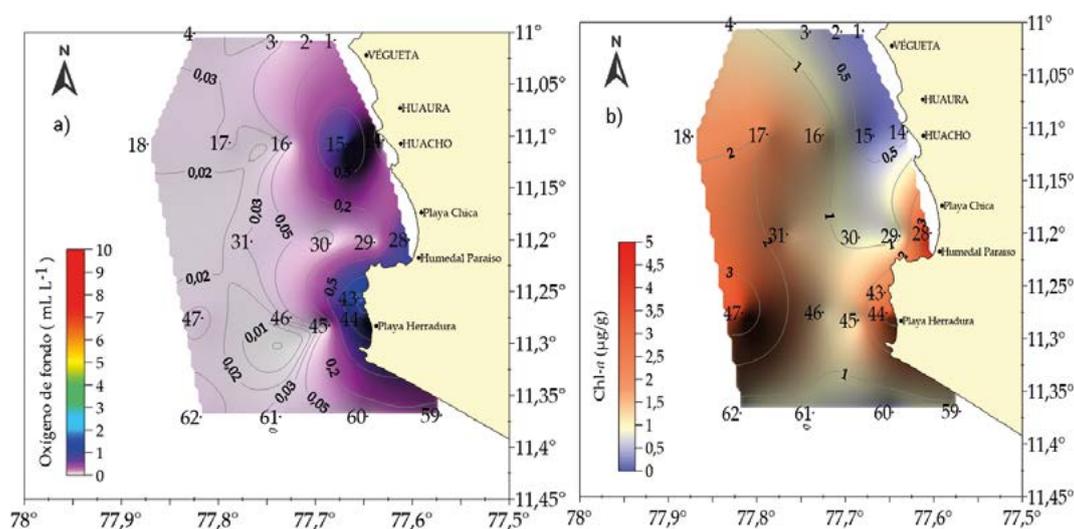


Figura 2.- Distribución de: (a) oxígeno disuelto de fondo (mL.L<sup>-1</sup>) y (b) clorofila-*a* en sedimento (µg Ch-*a*/g). Línea Base Huacho, noviembre 2018

### Composición de organismos

Se analizaron 38 muestras bentónicas, correspondientes a 22 estaciones de muestreo. Se determinó 28 taxa, de los cuales 20 correspondieron a la Clase Polychaeta, 01 al Subphylum Crustacea, 02 al Phylum Mollusca, 01 al Phylum Echinodermata, 01 al Phylum Nematoda, y entre 'otros' al Phylum Phoronida, al Orden Actiniaria y la Clase Enteropneusta. Aparte de todos estos organismos macrobentónicos se encontraron gusanos Nematoda y Bacteriobentos filamentoso (*Candidatus Marithioploca*) (Anexos 1, 2).

Porcentualmente, tanto en abundancia como en biomasa, el grupo Polychaeta alcanzó el 70 %, 'Otros' grupos, también abundantes, fueron: Phoronida, Actiniaria y Enteropneusta con el 28 %. En biomasa húmeda este grupo de 'Otros' representó el 15 %.

### Distribución del número de especies

El número de especies encontrado fue menor a 15 spp. (0,075 m<sup>-2</sup>). Las estaciones que alcanzaron más de 10 spp. (0,075 m<sup>-2</sup>) fueron E1, E2, E28, E43, E44, E59 y E60 (Fig. 3a), caracterizadas

por estar en la zona norte cercanas a isla Don Martín y al sur frente a Punta San Juan, Playa Arenilla y Playa Herradura.

### Distribución de abundancia

La mayor densidad, fue registrada en la estación E44 con 23 270 ind. m<sup>-2</sup>, frente a Playa la Arenilla, Un grupo de estaciones igualmente abundantes, con valores entre 1 850 y 7 700 ind. m<sup>-2</sup> fueron las estaciones E47, E62, E60, E59, E45, E1, E61, E18, E43 y E46. Otro grupo de estaciones, alcanzaron en promedio abundancia entre 0 y 900 ind. m<sup>-2</sup> estas fueron la E17, E14, E31, E2, E3, E4, E16, E28, E29, E15 y E30 (Tabla 2).

Los organismos más abundantes fueron el poliqueto *Magelona phyllisae* (Jones, 1963) 1 612 ± 2 104 ind. m<sup>-2</sup> y el forónido *Phoronis* sp. (Wright, 1856) 899 ± 3 779 ind. m<sup>-2</sup> (Fig. 3b). Otros poliquetos igualmente abundantes fueron *Paraprionospio pinnata* (Ehlers, 1901), *Owenia collaris* (Hartman, 1955), *Leitoscoloplos chilensis* (Hartmann-Schröder, 1965), *Hermundura fauveli* (Berkeley & Berkeley, 1941), *Sigambra bassi* (Hartman, 1945) y el cirratúlido *Chaetozone* sp. (Malmgren, 1867) (Fig. 4a).

Tabla 2.- Parámetros comunitarios e índices de diversidad promedio. Línea Base Huacho, noviembre 2018

Estación	especies		abundancia ind. m <sup>-2</sup>	biomasa g m <sup>-2</sup>	<i>Candidatus Marithioploca</i> g m <sup>-2</sup>	riqueza d	equidad J'	diversidad H'(log <sub>2</sub> )	dominancia 1-Lambda'
	N° spp.	0,05 m <sup>-2</sup>							
E1	13		4141	42,363	0	1,441	0,570	2,108	0,685
E2	10		364	17,432	0,447	1,526	0,680	2,258	0,698
E3	6		494	8,626	194,891	0,806	0,485	1,254	0,450
E4	1		416	0,075	162,184	0,000		0,000	0,000
E14	7		117	8,867	0	1,260	0,827	2,322	0,753
E15	7		806	3,496	0	0,897	0,627	1,759	0,604
E16	4		468	13,208	0,008	0,488	0,646	1,292	0,478
E17	0		0	0,000	192,332	-	-	0,000	-
E18	5		4524	4,089	3,264	0,475	0,068	0,159	0,034
E28	10		488	13,411	0,079	1,454	0,636	2,113	0,680
E29	8		676	1,253	0,061	1,074	0,734	2,202	0,732
E30	4		900	17,505	213,806	0,441	0,132	0,264	0,065
E31	2		260	0,137	82,069	0,180	0,235	0,235	0,074
E43	12		5120	39,332	0	1,288	0,812	2,913	0,839
E44	14		23270	122,951	4,638	1,293	0,402	1,532	0,491
E45	6		3670	6,326	6,633	0,609	0,197	0,508	0,135
E46	5		7700	7,741	7,490	0,447	0,058	0,135	0,028
E47	2		1850	0,529	4,028	0,133	0,086	0,086	0,021
E59	13		3470	21,080	3,105	1,472	0,433	1,602	0,462
E60	11		3320	7,918	61,929	1,233	0,158	0,545	0,127
E61	8		4150	2,550	0	0,840	0,310	0,929	0,316
E62	7		2780	77,800	0,537	0,757	0,210	0,590	0,162

**Distribución de biomasa**

En promedio, las estaciones E44 con 122,951 g m<sup>-2</sup> y la E62 con 77,800 g m<sup>-2</sup> obtuvieron la mayor biomasa húmeda. Le siguieron E1, muy cercana a la isla Don Martín con biomasa promedio de 42,363 g m<sup>-2</sup> y E43 con 39,332 g m<sup>-2</sup>. Especialmente, los dos extremos del área evaluada, es decir frente a Pta. Végueta al norte de Huacho, Pta. San Juan, Playa La Arenilla, al sur de Huacho y fuera de la parte costera por los islotes del sur de Huacho (Fig. 3c), se caracterizaron por mayor biomasa macrobentónica, siendo las especies de poliquetos *Pectinaria* sp. 4,40 ± 21,7 g m<sup>-2</sup> y *P. pinnata* 4,09 ± 16,3 g m<sup>-2</sup>, las que obtuvieron los máximos de biomasa registrada (Tabla 2, Fig. 4b, Anexo 2).

**Bacteriobentos filamentoso**

Una mención aparte, es respecto al bacteriobentos. Este fue observado en 17 estaciones, no se determinó presencia de bacterias filamentosas en las estaciones E1 (alrededor de la isla Don Martín), E14, E15 (muy costeras frente a Huacho), E43 (costera frente a Punta San Juan) y E61 (frente a isla Huampanú). En promedio, las estaciones con mayor biomasa húmeda fueron: E3 (194,891 g m<sup>-2</sup>), E4 (162,184 g m<sup>-2</sup>), E17 (192,332 g m<sup>-2</sup>) y E30 (213,806 g m<sup>-2</sup>) (Tabla 2). En la E17 solo se observó esta componente, estuvo carente de organismos macrobentónicos invertebrados por ello puede ser nominado como azoica de estos organismos (Fig. 3d).

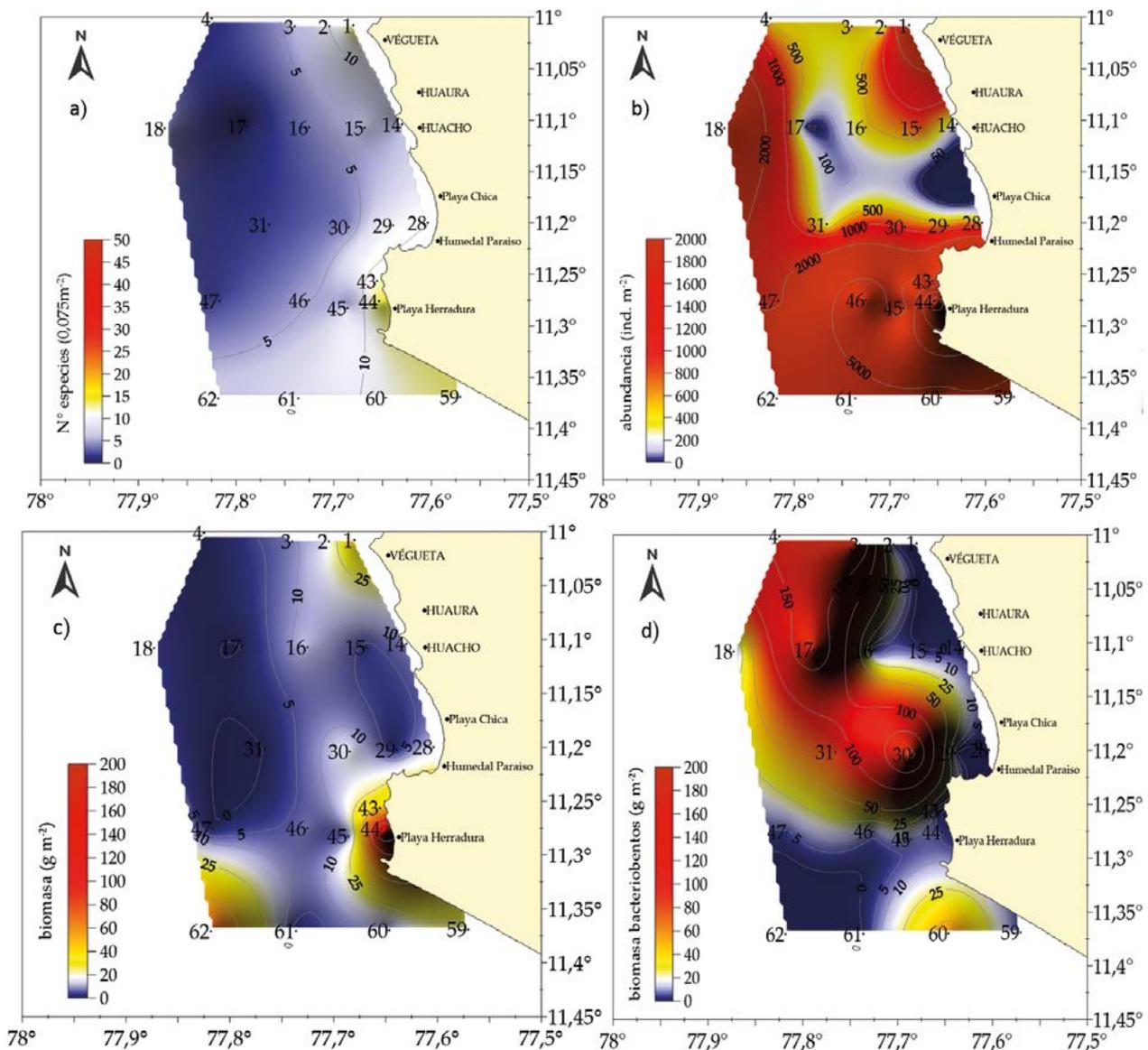


Figura 3.- Distribución de: (a) número de especies (N° spp. /0,075 m<sup>2</sup>), (b) abundancia total (ind. m<sup>2</sup>), (c) biomasa total (g m<sup>2</sup>) y (d) biomasa de bacteriobentos (g m<sup>2</sup>). Línea Base Huacho, noviembre 2018

### Índices de Diversidad (Tabla 2)

El índice de riqueza de Margalef varió entre 0,000 y 1,526 (E4 con una especie y E2 con 10 especies determinadas, respectivamente) valores mayores a 1,000 fueron observados también en E1 (1,441), E14 (1,260), E28 (1,454), E29 (1,074), E43 (1,288), E44 (1,293) y E59 (1,472).

Respecto al índice de uniformidad o equidad de Pielou, los valores en la zona costera al norte de Huacho estuvieron entre 0,485 y 0,827; en la zona central las estaciones E28 y E29 estuvieron entre 0,626 – 0,734; la E43 con 0,812. Todas las demás estaciones al sur, presentaron valores menores a 0,433 indicando mayor variación en la distribución de la densidad de organismos entre las especies encontradas.

El índice de diversidad específica de Shannon, estuvo comprendido entre 0,086 bits/ind. (E47) y 2,913 bits/ind (E43). Otras estaciones con un

índice de diversidad igualmente importante fueron E1 (2,108); E2 (2,258); E14 (2,322); E28 (2,113) y E29 (2,202) bits/ind.

### Análisis comunitario

Considerando la matriz de densidad de las especies más dominantes numéricamente, se realizó el dendrograma entre estaciones de muestreo. Se observa dos grupos bien diferenciados, uno grande (G1) conformado por las estaciones E45, E60, E62, E18, E46, E61, E16, E31, E4, E30 E47 y E3, grupo muy homogéneo caracterizado por las especies de poliquetos *M. phyllisae* y *H. fauveli*; y otro grupo menor (G2) en cobertura espacial conformado por E43, E44, E1 y E59, pero caracterizado por presentar no solamente las especies *M. phyllisae* y *H. fauveli*, si no también otras especies igualmente importantes como *P. pinnata*, *O. collaris*, *Phoronis* sp., *L. chilensis*, y *S. bassi*.

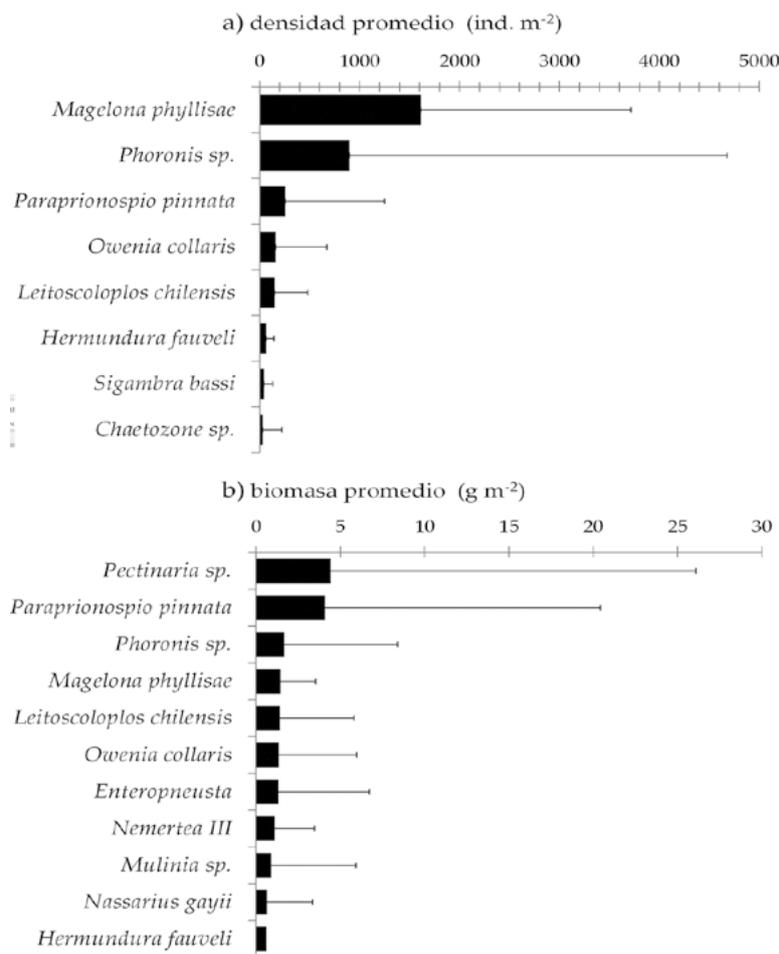


Figura 4.- Especies más representativas: (a) densidad y (b) biomasa. Línea Base Huacho, noviembre 2018

Como se puede observar en el análisis nodal entre estaciones y especies (Fig. 5), estos dos grupos son significativamente diferentes y con dominancia porcentual de las especies más características en el G1, en tanto que, el porcentaje de distribución entre las especies es más equitativo en el G2.

Como se puede apreciar, el G1 abarca la mayor área o extensión del estudio realizado y tienen en común un número de especies menor a 10 en promedio, mientras que el G2 con menor número de estaciones tiene numéricamente más especies, así como índices de diversidad de Shannon en promedio mayores.

### Análisis multivariante no-paramétrico ANOSIM y SIMPER

El análisis de similitud realizado, a los factores pre establecidos textura de sedimento y estrato de profundidad dieron como resultado presencia de diferencias estadísticamente significativas.

En posteriores test por pares, se detectó diferencias específicas en la composición entre grupos. De esta forma para el factor textura de sedimento tenemos: Limo Arenoso Arcilloso es significativamente diferente de Arena, Arena Limosa Arcillosa es diferente de Limo Arenoso Arcilloso y Arena Limosa Arcillosa es diferente de Arena.

En el factor estrato de profundidad, se observó: El estrato I es diferente al estrato IV y estrato V; el estrato III diferente al estrato IV y estrato V; el estrato IV diferente al estrato II y el estrato V diferente al estrato II (Tabla 3).

En la determinación de las especies que contribuyeron en la similitud por textura de sedimento tenemos:

72,51 % para sedimento Arcillo Limoso por *M. phyllisae* y *H. fauveli*.

72,32 % para sedimento Limosos por *M. phyllisae*, *P. pinnata* y Nemertea III.

54,53 % para sedimento Areno Limoso Arcilloso por *M. phyllisae* y *H. fauveli*.

50,17 % para sedimento Arenoso por *M. phyllisae*, *S. bassi*, *L. chilensis* y Nemertea III.

Tabla 3.- ANOSIM de una vía, para los factores: 1. Textura de sedimento y 2. estrato de profundidad,  $p < 5\%$  se rechaza la hipótesis nula, indicando que sí hay diferencia entre grupos\*, Línea Base Huacho, noviembre 2018

entre grupos.	Estadístico global (R)	Nivel de sig. (%)
Textura de sedimento	0,179	1,1 *
Test pareado		
LAArc, A	0,204	1,9 *
ALArc, LAArc	0,209	2,1 *
ALArc, A	0,185	2,9 *
L, ArcL	0,556	5,7
L, A	0,235	7,7
ArcL, A	0,249	9,1
ALArc, ArcL	0,224	9,5
LAArc, L	0,101	23,6
ALArc, L	-0,024	52,8
LAArc, ArcL	-0,237	92,1
Estrato de profundidad	0,439	0,1 *
Test pareado		
I, IV	0,782	0,1 *
III, IV	0,454	0,1 *
IV, II	0,648	0,1 *
V, II	0,724	0,1 *
I, V	0,626	0,2 *
III, V	0,666	0,2 *
IV, V	-0,004	47,2
I, II	-0,019	49,8
III, II	-0,064	60,8
I, III	-0,035	61,3

#### Textura de sedimento

A= Arena, ALArc= Arena Limosa-Arcillosa, ArcL= Arcilla Limosa, LAArc= Limo Arenoso Arcilloso, L= Limo

#### Estrato de profundidad

I= ≤15 m, II= 16-30 m, III= 31-50 m, IV= 51-80 m, V= ≥80 m

43,07 % para sedimento Limo Arenoso Arcilloso por *M. phyllisae* y *H. fauveli*

En la disimilaridad por grupos de textura de sedimento, las especies que contribuyeron fueron:

Limo Arenoso Arcilloso es diferente a Arenosos con 61,13 % por las especies *Phoronis* sp., *S. bassi*, *M. phyllisae*, *L. chilensis* y *P. pinnata*.

Arenoso Limoso Arcillosos es diferente a Limoso Arenoso Arcilloso con 51,52 % por las especies *M. phyllisae*, *L. chilensis*, *S. bassi* y *H. fauveli*.

Arenoso Limoso Arcilloso diferente de Arenoso con 50,32 % por las especies *Phoronis* sp., *L. chilensis*, *M. phyllisae*, *P. pinnata*, *N. ferruginea*, *O. collaris*, *S. bassi* y *H. fauveli* (Tabla 4).

En la determinación de las especies que contribuyeron en la similitud por estrato tenemos:

49,38 % para el estrato I, por *L. chilensis*; *N. ferruginea*, *H. fauveli* y *M. phyllisae*.

44,56 % para el estrato II, por *M. phyllisae*, Nemertea III y *H. fauveli*.

56,43 % para el estrato III, por *M. phyllisae*, *H. fauveli* y Nemertea III.

62,49 % para el estrato IV, por *M. phyllisae*, Nemertea III y *H. fauveli*.

59,28 % para el estrato V, por *M. phyllisae* y *H. fauveli*.

En la disimilitud por grupos de Estrato de profundidad, las especies que contribuyeron fueron:

Estrato I es diferente a estrato IV y estrato V, con 72,89 %, por las especies *M. phyllisae*, *L. chilensis* y *N. ferruginea*.

Estrato V es diferente a estrato II con 61,20 %, por las especies *L. chilensis*, *Phoronis* sp., *P. pinnata* y *H. fauveli*.

Tabla 4.- SIMPER de una vía, para el factor: textura de sedimento, contribución de especies al porcentaje de similaridad o disimilaridad. Línea Base Huacho, noviembre 2018

Textura de sedimento	Densidad promedio	Similaridad promedio	Sim/SD	Contribución (%)	Contribución acumulada (%)
<b>Similaridad promedio</b>					
<b>ArcL (73,51 %)</b>					
<i>Magelona phyllisae</i>	4,11	50,79	-	69,1	69,1
<i>Hermundura fauveli</i>	2,38	22,71	-	30,9	100
<b>L (72,32 %)</b>					
<i>Magelona phyllisae</i>	4,88	39,7	-	54,89	54,89
<i>Paraprionospio pinnata</i>	1,94	16,31	-	22,55	77,45
Nemertea III	2,49	16,31	-	22,55	100
<b>ALArc (54,53 %)</b>					
<i>Magelona phyllisae</i>	6,74	29,41	2,54	53,93	53,93
<i>Hermundura fauveli</i>	2,71	9,21	1,5	16,89	70,82
<b>A (50,17 %)</b>					
<i>Magelona phyllisae</i>	4,92	11,1	1,48	22,13	22,13
<i>Sigambra bassi</i>	3,09	7,78	4,39	15,5	37,63
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	3,49	6,64	1,11	13,24	50,88
Nemertea III	2,06	6,25	3,88	12,46	63,34
<b>LAArc (43,07 %)</b>					
<i>Magelona phyllisae</i>	4,52	26,07	2,07	60,53	60,53
<i>Hermundura fauveli</i>	2,04	9,39	1,12	21,8	82,33
Textura de sedimento	Densidad promedio	Disimilaridad promedio	Diss/SD	Contribución (%)	Contribución acumulada (%)
<b>disimilaridad promedio</b>					
<b>LAArc &amp; A (61,13 %)</b>					
	LAArc	A			
<i>Phoronis</i> sp.	0,64	4,23	7,69	1,31	12,58
<i>Sigambra bassi</i>	0	3,09	7,11	4,62	11,63
<i>Magelona phyllisae</i>	4,52	4,92	6,76	1,23	11,05
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	1	3,49	6,58	1,55	10,77
<i>Paraprionospio pinnata</i>	0,64	3,12	5,73	1,24	9,38
<b>ALArc &amp; LAArc (51,52 %)</b>					
	ALArc	LAArc			
<i>Magelona phyllisae</i>	6,74	4,52	9,89	1,35	19,21
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	1,33	1	4,97	0,98	9,65
<i>Sigambra bassi</i>	1,7	0	4,96	1,43	9,62
<i>Hermundura fauveli</i>	2,71	2,04	4,68	0,98	9,08
<b>ALArc &amp; A (50,32 %)</b>					
	ALArc	A			
<i>Phoronis</i> sp.	1,3	4,23	6,64	1,26	13,2
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	1,33	3,49	5,9	1,48	11,73
<i>Magelona phyllisae</i>	6,74	4,92	5,71	1,06	11,35
<i>Paraprionospio pinnata</i>	1,16	3,12	4,9	1,38	9,73
<i>Nephtys ferruginea</i>	0,4	2,37	4,06	1,69	8,06
<i>Owenia collaris</i>	0,94	2,14	3,91	0,84	7,78
<i>Sigambra bassi</i>	1,7	3,09	3,24	1,26	6,45
<i>Hermundura fauveli</i>	2,71	2,19	3,12	1,3	6,19

**Textura de sedimento**

A= Arena, ALArc= Arena Limosa-Arcillosa, ArcL= Arcilla Limosa, LAArc= Limo Arenoso Arcilloso, L= Limo

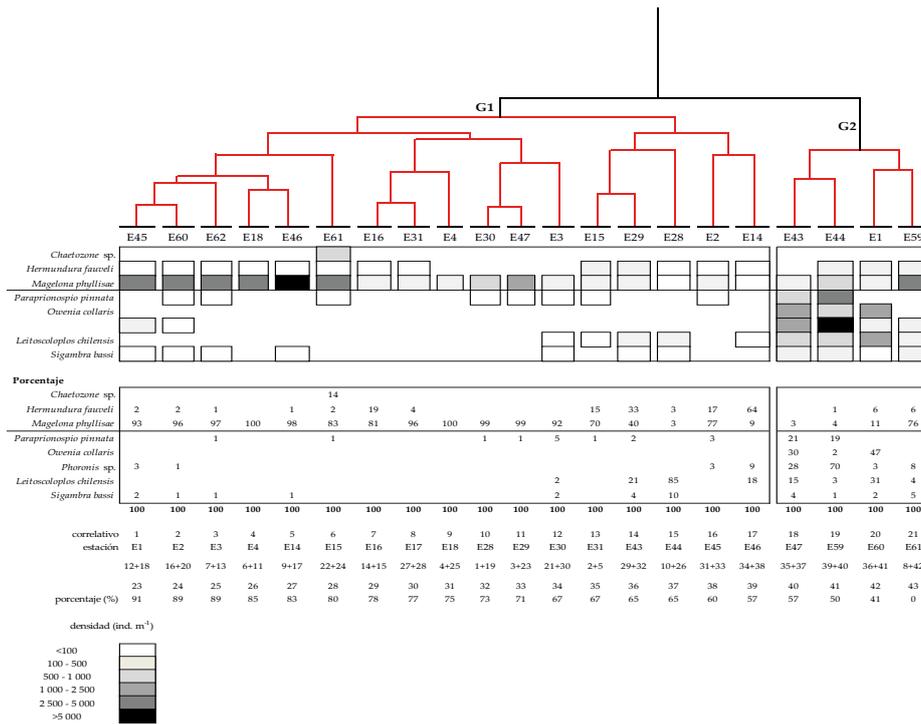


Figura 5.- Análisis nodal, entre estaciones de muestreo y especies más representativas en abundancia total, con su contribución en porcentaje. Línea Base Huacho, noviembre 2018

Estrato III es diferente a estrato V con 54,71 % por las especies *H. fauveli*, *L. chilensis*, *M. phyllisae* y *Phoronis* sp.

Estrato IV es diferente a estrato II con 54,04 % por las especies *Phoronis* sp. *M. phyllisae*, *L. chilensis*, *P. pinnata*.

Estrato III es diferente a estrato IV con 43,09 % por las especies *M. phyllisae*, *L. chilensis*, *Phoronis* sp. y *H. fauveli* (Tabla 5).

**Diversidad taxonómica**

La diversidad taxonómica ( $\Delta$ ) de los 8 phyla identificados presentó una distinción taxonómica promedio ( $\Delta+$ ) entre 65 y 100 (Tabla 6). La mayor variación de la distinción taxonómica ( $\Delta+$ ) se observó en las estaciones E46, E59, E44 y E28. La distinción taxonómica promedio ( $\Delta+$ ) esperada en esta zona de la plataforma central fue de 75; con límites de

confianza del 95% entre 35 y 100 (Fig. 5). Fuera del límite de confianza no se encontraron estaciones con diferentes números de taxones. La zona de mayor precisión del estadístico se encontró entre 5 y 10 taxones.

**Comparaciones entre diferentes fechas de muestreo realizadas en el área de intervención**

En el 2014, se realizaron dos evaluaciones en el área de Huacho, una, en abril y otra en octubre. Los parámetros biológicos observados fueron ligeramente mayores en octubre, posiblemente condicionados por el débil calentamiento en ese momento. Esta condición cálida se mantuvo durante el 2015 y primer trimestre del 2016, inclusive en intensidades moderadas y fuertes. Para el 2018 en noviembre, que corresponde al presente trabajo, lo observado es muy similar al mes de abril de 2015, en los parámetros y la composición de especies (Tabla 7).

Tabla 5.- SIMPER de una vía, para el factor: estrato de profundidad, contribución de especies al porcentaje de similaridad o disimilaridad. Línea Base Huacho, noviembre 2018

Estrato de profundidad	Densidad promedio	Similaridad promedio	Sim/SD	Contribución (%)	Contribución acumulada (%)
<b>Similaridad promedio</b>					
<b>I (49,38 %)</b>					
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	3,89	12,29	3,79	24,89	24,89
<i>Nephtys ferruginea</i>	2,35	10,56	3,38	21,38	46,26
<i>Hermundura fauveli</i>	2,68	9,77	3,1	19,78	66,04
<i>Magelona phyllisae</i>	2,6	8,26	2,99	16,72	82,76
<b>II (44,56 %)</b>					
<i>Magelona phyllisae</i>	4,43	14,66	1,75	32,91	32,91
Nemertea III	2,13	6,75	2,43	15,15	48,06
<i>Hermundura fauveli</i>	2,4	6,71	0,78	15,05	63,11
<b>III (56,34 %)</b>					
<i>Magelona phyllisae</i>	4,89	18	7,43	31,94	31,94
<i>Hermundura fauveli</i>	3,37	13,86	6,07	24,59	56,53
Nemertea III	1,95	8,12	8,71	14,41	70,94
<b>IV (62,49 %)</b>					
<i>Magelona phyllisae</i>	6,97	34,48	6,26	55,18	55,18
Nemertea III	2,22	11,54	5,5	18,47	73,65
<i>Hermundura fauveli</i>	1,88	5,37	0,79	8,6	82,24
<b>V (59,28 %)</b>					
<i>Magelona phyllisae</i>	6,06	50,9	3,65	85,86	85,86
<i>Hermundura fauveli</i>	1,16	4,39	0,61	7,41	93,27

Estrato de profundidad	Densidad promedio		Disimilaridad promedio	Diss/SD	Contribución (%)	Contribución acumulada (%)
<b>disimilaridad promedio</b>						
<b>I &amp; V (72,89 %)</b>						
	≤15m ( I )	≥80m ( V )				
<i>Magelona phyllisae</i>	2,6	6,06	13,54	1,58	18,57	18,57
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	3,89	0	12,49	4,22	17,14	35,71
<i>Nephtys ferruginea</i>	2,35	0	8,57	2,45	11,76	47,47
<b>I &amp; IV (66,27 %)</b>						
	≤15m ( I )	51-80m ( IV )				
<i>Magelona phyllisae</i>	2,6	6,97	13,09	1,75	19,75	19,75
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	3,89	0,27	9,16	2,95	13,82	33,58
<i>Nephtys ferruginea</i>	2,35	0	6,68	3,13	10,09	43,66
<b>V &amp; II (61,20 %)</b>						
	≥80m ( V )	16-30m ( II )				
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	0	3,32	7,28	1,57	11,89	11,89
<i>Phoronis sp.</i>	0	4,26	7,19	0,92	11,75	23,64
<i>Paraprionospio pinnata</i>	0,85	3,77	7,13	1,55	11,65	35,29
<i>Hermundura fauveli</i>	1,16	2,4	6,03	1,09	9,85	45,14
<b>III &amp; V (54,71 %)</b>						
	31-50m ( III )	≥80m ( V )				
<i>Hermundura fauveli</i>	3,37	1,16	7,51	1,65	13,73	13,73
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	2,27	0	6,91	1,29	12,63	26,36
<i>Magelona phyllisae</i>	4,89	6,06	6,43	1,3	11,75	38,11
<i>Phoronis sp.</i>	1,9	0	5,73	1,21	10,47	48,58
<b>IV &amp; II (54,04 %)</b>						
	51-80m ( IV )	16-30m ( II )				
<i>Phoronis sp.</i>	0,98	4,26	7,15	1,16	13,23	13,23
<i>Magelona phyllisae</i>	6,97	4,43	6,18	1,38	11,43	24,66
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	0,27	3,32	6,06	1,77	11,22	35,88
<i>Paraprionospio pinnata</i>	1,33	3,77	5,99	1,65	11,08	46,96
<b>III &amp; IV (43,09 %)</b>						
	31-50m ( III )	51-80m ( IV )				
<i>Magelona phyllisae</i>	4,89	6,97	6,96	1,47	16,15	16,15
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	2,27	0,27	5,51	1,43	12,78	28,93
<i>Phoronis sp.</i>	1,9	0,98	4,77	1,32	11,08	40,01
<i>Hermundura fauveli</i>	3,37	1,88	4,73	1,07	10,97	50,98

Estrato de profundidad  
I= ≤15 m, II= 16-30 m, III= 31-50 m, IV= 51-80 m, V= ≥80 m

Tabla 6.- Índices de diversidad taxonómicos en las estaciones de muestreo, distinción taxonómica promedio ( $\Delta+$ ) y variación de la distinción taxonómica ( $\Lambda+$ ). Línea Base Huacho, noviembre 2018

Estación	Prof.	Estrato	especies	Distinción taxonómica promedio ( $\Delta+$ )	Variación de la Distinción taxonómica ( $\Lambda+$ )	
E1	13	≤15m	I	13	75	774
E14	15		I	8	81	688
E28	8		I	10	65	815
E15	20	16-30m	II	7	75	684
E16	22		II	4	91	381
E43	28		II	12	76	804
E44	26		II	14	66	820
E2	33	31-50m	III	10	81	642
E29	31		III	9	77	753
E59	41		III	13	74	865
E3	62	51-80m	IV	7	85	560
E30	56		IV	5	95	247
E45	59		IV	7	83	729
E46	74		IV	6	77	867
E60	64		IV	12	88	539
E61	66		IV	8	71	728
E4	100	≥80m	V	2	100	0
E18	132		V	6	78	761
E31	97		V	3	83	610
E47	114		V	3	83	610
E62	99		V	8	71	778

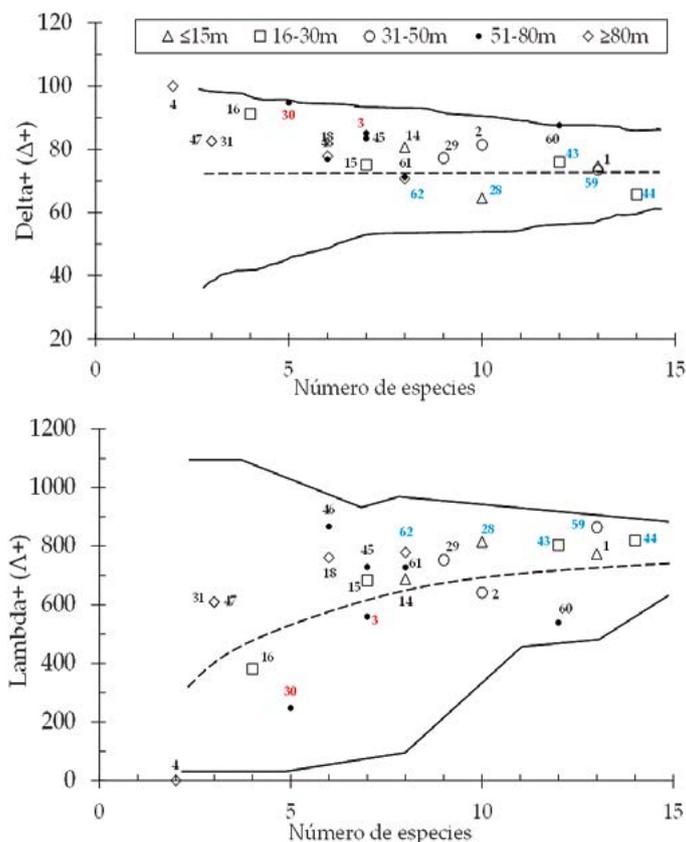


Figura 6.- Índice de distinción taxonómica promedio delta+ ( $\Delta+$ ) e Índice de variación taxonómica promedio lambda+ ( $\Lambda+$ ), en la comunidad bentónica. Se muestra el promedio (línea central) y la distribución de probabilidad al 95 % (líneas continuas). Línea Base Huacho, noviembre 2018

Tabla 7.- Cuadro Comparativo de estudios realizados en el área de Huacho. Línea Base Huacho, noviembre 2018

periodo	Localidad	número estaciones	Rango Prof. (m)	Rango oxígeno (mg l <sup>-1</sup> )	ICEN	Fase	Proyecto	composición de organismos	N° especies	macrobentos		Bacteriobentos		Especies representativas	Referencia
										abundancia ind. -2	biomasa g <sup>-2</sup>	abundancia ind. -2	biomasa g <sup>-2</sup>		
abr.2014	Entre Pta. Végueta y Sur de Playa La Herradura (Islas Huampanú)	17	15 - 100	0,24 - 1,21	0,34	neutra	Cambio Climático	25	0 - 9	0 - 6210	0 - 143,35	0,845 - 434,47		<i>Magelona phyllisae</i> , <i>Paraprionospio pinnata</i> , <i>Phoronida</i> , <i>Leitoscoloplos</i> sp., <i>Annelisa araucana</i> , <i>Nematoda</i> , <i>Hermudura fauveli</i> , <i>Nephtys ferruginea</i> , <i>Cossura</i> sp., <i>Nemertea</i> III <i>P. pinnata</i> , <i>M. phyllisae</i> , <i>Phoronida</i> , <i>Nephtys impressa</i> , <i>Leitoscoloplos</i> sp., <i>H. fauveli</i> , <i>N. ferruginea</i> , <i>A. araucana</i> , <i>Enteropneusta</i> , <i>Sigambra bassi</i> , <i>Nemertea</i>	Quipúzcoa, no publicado
oct.2014	Entre Pta. Végueta y Playa La Arenilla	22	14 - 70	0,6 - 3,0	0,73	cálida débil	Cambio Climático	36	4 - 13	213 - 8740	2 - 374,64	95,67 - 407,74		<i>M. phyllisae</i> , <i>Phoronida</i> , <i>P. pinnata</i> , <i>Leitoscoloplos</i> sp., <i>H. fauveli</i> , <i>N. impressa</i> , <i>Cossura chilensis</i> , <i>S. bassi</i> , <i>N. ferruginea</i> , <i>A. araucana</i>	Quipúzcoa, no publicado
abr.2015	Entre Pta. Végueta y Playa La Arenilla	14	18 - 78	0,22 - 2,22	0,97	cálida débil	Cambio Climático	27	1 - 13	120 - 13410	139 - 5513,10	1,17 - 377,35		<i>M. phyllisae</i> , <i>Phoronida</i> , <i>P. pinnata</i> , <i>Leitoscoloplos</i> sp., <i>H. fauveli</i> , <i>N. impressa</i> , <i>Cossura chilensis</i> , <i>S. bassi</i> , <i>N. ferruginea</i> , <i>A. araucana</i>	Quipúzcoa, no publicado
jun.2015	Végueta, Carquín, Huacho	12	4 - 18	-	2,19	cálida fuerte	LC de Huacho (Calidad acuática)	35	2 - 14	70 - 2630	3,23 - 159,65	-		<i>Phoronida</i> , <i>N. impressa</i> , <i>Urothoides</i> sp., <i>Leitoscoloplos</i> sp., <i>Tellinidae</i> , <i>M. phyllisae</i> , <i>H. fauveli</i>	Quipúzcoa, no publicado
ago.2015	Végueta, Carquín, Huacho	12	6 - 20	-	2,16	cálida fuerte	LC de Huacho (Calidad acuática)	20	2 - 7	30 - 770	0,20 - 350,15	-		<i>Pagurus</i> sp., <i>Nassarius dentifer</i> , <i>N. impressa</i> , <i>Corophidae</i> , <i>Spiophanes norrisi</i>	Quipúzcoa, no publicado
oct.2015	Entre Pta. Végueta y Playa La Arenilla. Muy costero	17	6 - 35	-	2,2	cálida fuerte	LC de Huacho	46	1 - 19	60 - 6100	0,01 - 361,44	0,012 - 0,17		<i>Prionospio peruana</i> , <i>Leitoscoloplos</i> sp., <i>S. norrisi</i> , <i>Tellina</i> sp., <i>N. impressa</i> , <i>Diopatra chilensis</i> , <i>Glycera americana</i> , <i>P. pinnata</i> , <i>N. ferruginea</i> , <i>Ophiuroidea</i> , <i>Pycnogonida</i> , <i>Mediomastus branchiferus</i> , <i>Actinaria</i> , <i>H. fauveli</i>	Quipúzcoa, no publicado
nov.2015	Végueta, Carquín, Huacho	9	7 - 20	-	2,15	cálida fuerte	LC de Huacho (Calidad acuática)	32	3 - 8	80 - 2450	0,73 - 4,81	0,79		<i>P. peruana</i> , <i>S. norrisi</i> , <i>Pycnogonida</i> , <i>N. impressa</i> , <i>Urothoe</i> sp., <i>G. americana</i> , <i>Owenia collaris</i>	Quipúzcoa, no publicado
mar.2016	Végueta, Carquín, Huacho	12	7 - 20	-	1,1	cálida moderada	LC de Huacho (Calidad acuática)	29	2 - 10	70 - 7580	0,02 - 99,11	-		<i>S. norrisi</i> , <i>Ophiuroidea</i> , <i>Sabellidae</i> , <i>M. phyllisae</i> , <i>Leitoscoloplos</i> sp., <i>O. collaris</i>	Quipúzcoa, no publicado
nov.2018	Entre Pta. Végueta y Sur de Playa La Herradura (Islas Huampanú)	22	8 - 132	0,03 - 0,19	0,58	cálida débil	LC de Huacho (Calidad acuática)	28	0 - 14	0 - 23270	0 - 122,95	0 - 213,81		<i>M. phyllisae</i> , <i>Phoronis</i> sp., <i>P. pinnata</i> , <i>O. collaris</i> , <i>L. chilensis</i> , <i>H. fauveli</i> , <i>S. bassi</i> , <i>Chaetozone</i> sp.	Quipúzcoa, no publicado en este estudio

#### 4. DISCUSIÓN

Las condiciones en el fondo, fueron en general subóxicas – anóxicas (TYSON & PEARSON, 1991) o con hipoxia severa ( $< 2 \text{ mL.L}^{-1}$ ), lo cual indica una somerización de la ZMO muy característica de la costa central frente a Perú (LEDESMA *et al.*, 2020). Estas condiciones, pobres en oxígeno disuelto del Ecosistema de la Corriente de Humboldt benefician el asentamiento de especies muy tolerantes a esta deficiencia como *Magelona phyllisae* y también, pueden favorecer a otras especies oportunistas como *Paraprionospio pinnata* que responde muy bien a estas condiciones y a cortos pulsos cálidos de oxigenación (GUTIÉRREZ *et al.*, 2008).

*M. phyllisae* caracterizó ampliamente la zona de estudio, con abundancias numéricas muy significativas sobre todo en las estaciones profundas, caracterizadas en el análisis de cluster como G1.

Conociendo que la composición y estructura del ensamblaje de las comunidades bentónicas tienen una importante relación con las características del sedimento y la profundidad, se formaron al interior de cada factor cinco grupos. Las pruebas de similaridad fueron más robustas para el factor estrato de profundidad, especialmente entre los pares I-IV, I-V y II-IV, II-V, considerando que al comparar dos grupos estos son completamente diferentes, es decir ensamblajes diferentes cuando los valores de R están entre 0,75 y 1 (GÓMEZ *et al.*, 2010). Para el factor textura de sustrato a pesar de haberse detectado diferencias, se puede inducir también que estas diferencias son mínimas entre los grupos comparados.

El grupo G1, se relacionó principalmente con sustratos Arenos limoso-arcilloso y también con la combinación de Limo arenoso-arcilloso. *M. phyllisae* presenta una contribución porcentual en esta textura de sedimento muy significativa entre 50 – 60 %, así mismo su contribución es importante en los estratos IV y V con 55 – 85 %.

En el grupo G2, donde las abundancias de *M. phyllisae* fueron menores, tiene como explicación que este grupo fue más diverso y homogéneamente mejor equitativo, con un sustrato básicamente arenoso, donde la contribución de este poliqueto alcanzó el 22 %. Como especie discriminante entre grupos de textura de sedimento alcanzó

un máximo de 19 % de disimilitud entre Arenos limoso-arcilloso y Limoso arenoso-arcilloso.

*Phoronis* sp. fue el más abundante en el G2, y junto con *Sigambra bassi*, *Owenia collaris*, *Leitoscoloplos chilensis*, *Nephtys ferruginea* y *Paraprionospio pinnata*, fueron las especies con mayor aporte a la disimilitud de este grupo predominantemente asociado a sustratos arenosos respecto a las combinaciones de texturas sedimentarias (LArc – ALArc).

Respecto al factor profundidad, *L. chilensis*, *N. ferruginea*, *Hermundura fauveli*, estuvieron más asociados a los estratos I, II y III, con contribuciones entre 20 y 25.

La aplicación de índices de diversidad taxonómica, permite detectar cambios taxonómicos en las comunidades. La distinción taxonómica promedio  $\Delta+$  como la variación taxonómica promedio  $\Delta+$  se sustentan en la presencia/ausencia, son independientes del tamaño de la muestra y son importantes porque permiten comparar la distribución de especies a escala espacio-temporal.

Muchas veces, la comunidad experimenta cambios taxonómicos no detectados con otras herramientas de estudio clásico, y por ello estos índices son de gran ayuda ya que valores bajos son indicadores de un sistema alterado. Sin embargo, en algunos estudios donde los índices de diversidad taxonómica han sido usados para evaluar cambios generados por alteraciones antropogénicas, no han sido lo suficientemente robustos (HERRERA-VALDIVIA, 2016)

Muchas veces se ha utilizado un enfoque de metanálisis a nivel de Phylum, para comparaciones por perturbaciones antropogénicas en las comunidades, siendo menos evidentes por causas naturales. Pero se ha encontrado que el nivel taxonómico de familia es, en general, suficiente para evaluar los efectos de la contaminación en ambientes de sustratos blandos, sublitorales (HIDALGO *et al.*, 2015)

Nuestro diagrama de embudo, muestra que las estaciones E3 y E30 ambas pertenecientes al estrato IV, tienen entre 5 y 7 especies con un  $\Delta+$  mayor a 85 y lo caracteriza un sedimento muy fino, Limo. En tanto, las estaciones más someras en los estratos I y II (menos de 30 m,

E14, E28, E43, E1 y E44) presentaron un mayor número de especies, entre 7 y 14 asociados a sedimentos de grano más grueso (arenoso). Con un  $\Delta+$  entre 65 y 81. La E4 fue la que presentó el mayor promedio de distinción taxonómica con un máximo de 2 especies (*M. phyllisae* y Nematoda).

Nuestro cuadro comparativo evidencia condiciones más favorables en condiciones cálidas débiles, moderadas y fuertes respecto a fases neutras. Una composición de organismos mejor representada con un número de especies mayor, e inclusive con una menor biomasa de bacterio-bentos que puede llegar a no presentarse, especialmente en una fase cálida fuerte.

## 5. CONCLUSIONES

El oxígeno disuelto de fondo fue mayor en una franja muy costera formando un núcleo frente a Huacho y al sur de Playa Chica, frente a humedal Paraíso y Punta San Juan.

El contenido de fitopigmentos en sedimento presentó el mayor valor en E28 con 4,48  $\mu\text{g/g}$  y en la E44 con 3,413  $\mu\text{g/g}$  ambas estaciones muy costeras (8 y 26 m, respectivamente)

La composición de especies bentónicas estuvo conformada por 28 taxa, de los cuales más del 70 % corresponden al grupo Annelida-Polychaeta.

Numéricamente, el 71 % del total calculado corresponde a los Polychaeta, entre los cuales

destacó por sus mayores contribuciones *Magelona phyllisae*, *Paraprionospio pinnata* y *Owenia collaris*. Un grupo igualmente numeroso fue el Phylum Phoronida con una contribución en la densidad total del 28 %.

En biomasa 72 % fue igualmente por contribución de los Polychaeta, aquí debemos mencionar a *Pectinaria* sp. y *P. pinnata* con mayor peso húmedo. De igual manera los Phoronida contribuyeron con 8 % y Enteropneusta con 6 %.

Espacialmente, el número de especies fue mayor en la zona muy costera, especialmente, al norte de Huacho y en la zona sur, al sur de Pta. San Juan.

Entre grupos por textura de sedimento, el Arenoso difiere de los Limosos Arenosos Arcillosos y de los Arenos Limosos Arcillosos. De la misma manera estos dos últimos difieren entre sí.

Respecto a los estratos de profundidad, los estratos I y II son los que más difieren de los estratos IV y V.

## Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Fondo de Adaptación a través del Proyecto "Adaptación a los impactos del cambio climático en el ecosistema marino costero del Perú y sus pesquerías" vía el Fondo de Promoción de las Áreas Naturales Protegidas del Perú (PROFONAMPE), ejecutado por el Ministerio de la Producción en colaboración con el Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

## 6. REFERENCIAS

- ALAMO, V., VALDIVIESO, V. (1997). Lista Sistemática de Moluscos Marinos del Perú. Bol Inst Mar Perú, Vol. Extra., 205 pp.
- BARNARD, J. L. & KARAMAN, G. (1991). The Families and genera of Marine Gammaridean Amphipoda (except marine Gammaroids). Parts I and II. Rec. Austral. Mus. Suppl. 13 (Part 2), 1-866.
- CARRIT, D. E. & CARPENTER, J. H. (1966). Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining oxygen in seawater. A NASCO Report. J. mar. Res., 24, 286-318.
- CLARKE, K. R. & GORLEY, R. N. (2001). PRIMER v5: User Manual/Tutorial. PRIMER-E Ltd, Plymouth.
- CLARKE, K. R. & WARWICK, R. M. (2001). A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness Marine Ecology Progress, series, 216, 265-278.
- FAUCHALD, K. (1977). The Polychaete worms. Definitions and keys to the order, families and genera. University of Southern California. Science. Series 28, 1-188.
- GALLARDO, V. A., ESPINOZA, C., FONSECA, A. y MUSLEH, S. (2013). Las grandes bacterias del Sulfureto de Humboldt. Gayana (Concepción), 77(2), 136-170. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382013000200008>
- GÓMEZ-LEMON, L., CRUZ-CASTAÑO, N. & DUQUE-NIVIA, G. (2010). Composición y estructura del ensamblaje de crustáceos Brachyura de la plataforma continental de la Guajira colombiana y su relación con la profundidad y las características del sedimento. Bol. Invest. Mar. Cost., INVEMAR, 39(2), 359-379
- GUTIÉRREZ, D., ENRÍQUEZ, E., PURCA, S., QUIPÚZCOA, L., MARQUINA, R., FLORES, G. y GRACO, M. (2008).

- Oxygenation episodes on the continental shelf of central Peru: Remote forcing and benthic ecosystem response. *Prog. Oceanogr.*, 79, 177–189.
- HERRERA-VALDIVIA, E., LÓPEZ-MARTÍNEZ, J., CASTILLO-VARGASMACHUCA, S., & GARCÍA-JUÁREZ, A. R. (2016). Diversidad taxonómica y funcional en la comunidad de peces de la pesca de arrastre de camarón en el norte del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*, 64(2), 587-602.
- HIDALGO, G., TOLEDO, W. & GRANADOS-BARBA, A. (2015). Diversidad y distinción taxonómica de la macrofauna en fondos blandos de la plataforma norte y suroccidental cubana. *Latin american journal of aquatic research*, 43(5), 845-855.
- HOBSON, K. & BANSE, K. (1981). Sedentary and archannelid Polychaetes of British Columbia and Washington. *Bull. Fish. Aquat. Sci.*, 209, 1-144.
- IMARPE. (2017). Compendio de procedimientos técnicos para la investigación científica en el IMARPE: Dirección General de Investigaciones en Oceanografía y Cambio Climático - Dirección General de Investigaciones en Acuicultura. 431 pp. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3178>
- JØRGENSEN, B. B. & GALLARDO, V A. (1999). *Thioploca* spp.: filamentous sulfur bacteria with nitrate vacuoles. *FEMS Microbiology Ecology*, 28, 301-313.
- LEDESMA, J., TAM, J., GRACO, M., LEÓN, V., FLORES, G. y MORÓN, O. (2020). Caracterización de la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) frente a la costa peruana entre 3°N y 14°S, 1999-2009. *Bol Inst Mar Perú*, 26(1, 2), 49-57.
- SALMAN, V., AMANN, R., GIRNTH, A. C., POLERECKY, L., BAILEY, J. V., HØGSLUND, S., JESSEN, J., PANTOJA, S. & SCHULZ-VOGT, H. N. (2011). A single-cell sequencing approach to the classification of large, vacuolated sulfur bacteria. *Systematic and Applied Microbiology*, 34, 243–259.
- SCHWEIGER, E. (1947). *El Litoral Peruano*. Ed. Cía. Administradora del Guano, 262 pp.
- SHANNON, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423
- TYSON, R. V., & PEARSON, T. H. (1991). Modern and ancient continental shelf anoxia: an overview. *Geological Society, London, Special Publications*, 58(1), 1-24.

Anexo 1.- Composición de organismos, abundancia (ind. m<sup>-2</sup>). Línea Base Huacho, noviembre 2018

	1	2	3	4	14	15	16	17	18	28	29	30	31	43	44	45	46	47	59	60	61	62
<b>Estaciones</b>																						
<b>POLYCHAETA</b>																						
<i>Abronicola affinis</i>	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cossura chilensis</i>	39	7	0	0	0	117	0	0	0	169	26	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diopatra chilensis</i>	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glycera americana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hermundurda fauveli</i>	221	39	0	0	46	104	78	0	13	7	208	0	10	0	140	60	50	0	210	60	90	20
<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	1255	0	7	0	13	91	0	0	0	215	130	0	0	600	750	0	0	0	140	0	0	0
<i>Magelona phyllisae</i>	449	176	351	416	7	475	325	0	4446	7	247	870	250	120	910	3410	7590	1830	2510	3100	3380	2540
<i>Nephtys ferruginea</i>	59	0	0	0	33	0	0	0	0	13	0	0	0	260	210	0	0	0	20	0	0	0
<i>Owenia collaris</i>	1885	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1200	530	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paraprionospio pinnata</i>	0	7	20	0	0	7	0	0	0	0	13	10	0	840	4340	0	20	0	0	10	30	20
<i>Prionospio peruana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0
<i>Sigambra bassi</i>	78	0	7	0	0	0	0	0	0	26	26	0	0	160	310	60	20	0	180	10	0	10
<i>Chaetozone</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	590	0
<i>Lumbrineris</i> sp.	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pectinaria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	13	7	0	0	0	0	0	10	20	0	10	10	10	140
<i>Phyllochaetopterus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	30
<i>Pilargis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0
<i>Syllis</i> sp.	0	13	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
<i>Tharyx</i> sp.	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
Polynoinae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b>																						
<i>Ampelisca araucana</i>	0	0	7	0	7	7	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	10	10	20	0
<b>MOLLUSCA</b>																						
<i>Nassarius gayii</i>	26	7	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mulinia</i> sp.	0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
<b>ECHINODERMATA</b>																						
<i>Opitactis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>NEMERTEA</b>																						
Nemertea III	0	7	104	0	0	7	52	0	26	7	13	10	0	20	20	20	20	0	30	30	10	20
<b>OTROS</b>																						
<i>Phoronis</i> sp.	104	7	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1140	15960	110	0	0	280	50	0	0
Actinaria	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	520	40	0	0	0	0	0	0	0
Enteropneusta	7	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	30	10	0	0
Nematoda	0	0	299	247	7	0	0	65	767	0	39	280	20	0	0	60	390	1040	0	50	0	200
<i>Candidatus Marthitropica</i> spp. (%)	0	0	40-60	60-80	0	0	0-20	40-60	40-60	0-20	20-40	50-70	30-70	0	40-60	50-70	50-70	30-50	10-70	30-50	0	30-70

Anexo 2.- Composición de organismos, biomasa (g. m<sup>-2</sup>). Línea Base Huacho, noviembre de 2018

	Estaciones																							
	1	2	3	4	14	15	16	17	18	28	29	30	31	43	44	45	46	47	59	60	61	62		
<b>POLYCHAETA</b>																								
<i>Abriccia affinis</i>	0	0	0	0	8,5371	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Cosmina chilensis</i>	0,0078	0,0013	0	0	0,0605	0	0	0	0,0299	0,0039	0	0	0	0,0070	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Dipatra chilensis</i>	0,1846	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Glycera americana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8077	0	0	0	0	0,3380	1,8110	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Hemuridura faureli</i>	0,7280	0,221	0	0	0,1567	0,9490	2,7547	0	0,013	0,5285	0,5928	0	0,031	0,10790	1,0790	1	1,575	0	2,734	0	0,132	1		
<i>Leticoloplos chilensis</i>	17,8224	0	0,052	0	0,0605	1,3247	0	0	0,6396	0,1508	0	0	0	4,8220	3,9530	0	0	0	0,626	0	0	0		
<i>Megelona puyiliseae</i>	0,7976	0,26065	0,169	0,0754	0,0137	1,0179	0,1404	0	2,5311	0,0026	0,3003	1,203	0,106	0,0980	2,4050	2,4170	2,458	0,527	8,325	2,808	1,986	1,439		
<i>Nephtys ferruginea</i>	0,1580	0	0	0	0,0800	0	0	0	0,0052	0	0	0	0	0,2820	0,7620	0	0	0	0,095	0	0	0		
<i>Oerelia callaris</i>	16,8909	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,1420	3,7200	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Paraprionospio pinnata</i>	0	0,0013	0,0039	0	0	0,0702	0	0	0,013	0	0,013	0,004	0	14,3940	70,4740	0	0	0,002	0	0,04	0	0		
<i>Prionospio peruviana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Sigambra bassi</i>	0,4537	0	0,0156	0	0	0	0	0	0,0078	0,0143	0	0	0	0,2160	0,3800	0,072	0,061	0	0,642	0,111	0	0,279		
<i>Chaetocore</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,344	0		
<i>Lambertis</i> sp.	0,18265	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,215	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pectinaria</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1508	2,6832	0	0	0	0	0	2,111	3,004	0	1,323	1,47	0	72,985		
<i>Pyglochaetopterus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,037	0	0	0		
<i>Pilargis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,051	0	0	0	0	0,037	0	0	0		
<i>Syllis</i> sp.	0	0,0052	0	0	0	0	0	0	0,0221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,009	0		
<i>Tharyx</i> sp.	0	0,00325	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,007	0	0	0		
<i>Polydora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,454	0	0	0	0	0	0	0	0		
<b>CRUSTACEA</b>																								
<i>Ampelisca ananua</i>	0	0	0,0013	0	0,01235	0,02925	0	0	0,0104	0	0,0104	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,002	0,036	0		
<b>MOLLUSCA</b>																								
<i>Nassarius gayii</i>	4,303	0,88595	0	0	0	0	0	0	7,1734	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Mulinia</i> sp.	0	15,53565	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,289	0		
<b>ECHINODERMATA</b>																								
<i>Ophiatis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,044	0	0	0	0	0	0	0	0		
<b>NEMERTEA</b>																								
<i>Nemertea</i> III	0	0,5148	8,38435	0	0,04485	2,7586	0	1,3715	0,53365	0,1677	0,493	0	1,238	0,77	1,118	0,643	0	1,799	1,555	0,025	2,357	0		
<b>OTROS</b>																								
<i>Phoronis</i> sp.	0,13455	0,0026	0	0	0,0065	0	0	0	0	0	0	0	0	3,31	29,239	0,079	0	0	0,754	0,044	0	0		
<i>Actinaria</i>	0,0481	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,994	0,085	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Ectopneusta</i>	0,65195	0	0	0	0	7,5543	0	0	0	0	15,805	0	0	0	0	0	0	0	4,696	0,002	0	0		
<i>Nematoda</i>	0	0	0,0078	0,0117	0,00065	0	0	0,0039	0,0273	0	0,0013	0,006	0,001	0	0	0,003	0,012	0,065	0	0,002	0	0,006		
<i>Candidatus Marthioplaca</i> spp. (%)	0	0,4472	194,89145	162,1841	0	0,0078	192,3324	3,2643	0,07865	0,0611	213,806	82,069	0	4,638	6,633	7,49	4,028	3,105	61,929	0	0,537	0		