

CALIDAD DEL AMBIENTE MARINO COSTERO DE PACASMAYO, MALABRIGO (CHICAMA), HUANCHACO Y SALAVERRY, PERÚ, (MAYO 2017)

COASTAL MARINE ENVIRONMENT QUALITY OF PACASMAYO, MALABRIGO (CHICAMA), HUANCHACO, AND SALAVERRY, PERU (MAY 2017)

Víctor Rebaza Castillo¹ Santos Alfaro Mudarra¹ Martín Campos Rivas¹

RESUMEN

REBAZA CASTILLO, V., ALFARO MUDARRA, S. & CAMPOS RIVAS, M. (2023). Calidad del ambiente marino costero de Pacasmayo, Malabrigo (Chicama), Huanchaco y Salaverry, Perú, (mayo 2017). *Inf Inst Mar Perú*, 50(4), 516-542.- En mayo 2017 se evaluó el ambiente marino costero de Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco y Salaverry (zonas submareal e intermareal y, ríos Jequetepeque, Moche y Virú). Se midieron parámetros físicos, químicos y biológicos, se efectuaron análisis comunitarios de organismos, nutrientes y trazas de metales pesados en sedimento. Las condiciones oceanográficas fueron ligeramente cálidas, propias de la fase final de El Niño Costero, registrándose aguas costeras frías (acf) con rezagos de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). En el submareal de Malabrigo, Salaverry y Huanchaco se detectó contaminación por agentes físicos y químicos; en los desembarcaderos de Malabrigo y Salaverry se incumplieron las categorías 2 y 4 del ECA. El sedimento superficial marino presentó alto contenido de materia orgánica, textura fangosa y olor sulfuroso en Salaverry, en Malabrigo estuvieron restringidos al área costera, mientras que, en Huanchaco se registró frente a la playa Buenos Aires y en el margen oceánico de la ensenada. Se encontró cadmio en el sedimento superficial marino en Malabrigo, Huanchaco y Salaverry, cobre en Huanchaco y Salaverry, plomo en Malabrigo y Huanchaco y zinc en Salaverry. En todas las estaciones de Malabrigo se detectó al género *Pseudo-nitzschia*.

PALABRAS CLAVE: calidad del ambiente marino, metales pesados, *Pseudo-nitzschia*

ABSTRACT

REBAZA CASTILLO, V., ALFARO MUDARRA, S. & CAMPOS RIVAS, M. (2023). Coastal Marine Environment Quality of Pacasmayo, Malabrigo (Chicama), Huanchaco, and Salaverry, Peru (May 2017). *Inf Inst Mar Perú*, 50(4), 516-542.- In May 2017, the coastal marine environment of Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco, and Salaverry (subtidal and intertidal zones, Jequetepeque, Moche, and Virú rivers) underwent evaluation. Physical, chemical, and biological parameters were measured alongside community analysis of organisms, nutrients, and traces of heavy metals in sediment. Oceanographic conditions were slightly warm, characteristic of the final phase of the coastal El Niño, registering cold coastal waters (ccw) with remnants of Subtropical Surface Waters (SSW). Physical and chemical contamination was detected in the subtidal zones of Malabrigo, Salaverry, and Huanchaco. The piers of Malabrigo and Salaverry did not comply with categories 2 and 4 of the WQS. Marine surface sediment showed a high organic matter content, muddy texture, and a sulfurous odor in Salaverry. In Malabrigo, these were confined to the coastal area, whereas in Huanchaco, they were observed off Buenos Aires beach and along the oceanic margin of the bay. Cadmium was found in the marine surface sediment in Malabrigo, Huanchaco, and Salaverry; copper in Huanchaco and Salaverry; lead in Malabrigo and Huanchaco; and zinc in Salaverry. The *Pseudo-nitzschia* genus was detected in all stations in Malabrigo.

KEYWORDS: marine environment quality, heavy metals, *Pseudo-nitzschia*

1. INTRODUCCIÓN

Con respecto a la calidad del ambiente marino global, ESCOBAR (2002) en parte de su resumen, sostiene que:

Alrededor del 70 – 75 % de la contaminación marina global es producto de las actividades humanas que tienen lugar en la superficie terrestre. Un 90 % de los contaminantes es transportado por los ríos al mar. Por otro lado, entre 70 y 80 % de la población mundial (aproximadamente 3,6 billones de personas) se ubica en las costas o cerca de ellas, especialmente en zonas urbanas, donde

una parte importante de los desechos que allí se producen se deposita directamente en el océano.

El área marítima frente a la costa peruana representa 0,1 % del área oceánica del planeta y produce más del 10 % del total de capturas de peces a nivel mundial (CHÁVEZ *et al.*, 2008). Específicamente, la zona marina costera de La Libertad comprendida entre 7°S y 10°S presenta la plataforma continental más ancha, y es donde se desarrollan intensos afloramientos propiciando una vida abundante y variada de recursos hidrobiológicos (MORÓN, 2000). En ese sentido, coexisten áreas naturales protegidas, ensenadas, puertos y caletas artesanales, ciudades y

¹ Instituto del Mar del Perú, Laboratorio Costero Huanchaco, vrebaza@imarpe.gob.pe, viarcas@gmail.com
salfaro@imarpe.pe, mcampos@imarpe.pe

plantas pesqueras; estas últimas, ubicadas en Puerto Malabrigo, donde la producción de harina de pescado representó la segunda localidad importante en Perú para el periodo 2006 a 2015 (PRODUCE, 2016). Sin embargo, en los últimos años, los desembarques de invertebrados marinos han experimentado una disminución significativa de 10.185 t el 2013 a 0,30 t el 2016 (IMARPE, 2013, 2014, 2015, 2016). Esta situación obedece, entre otros factores, a la presión pesquera y variabilidad oceanográfica, así como a la contaminación por agentes físicos, químicos, biológicos, el más alto grado de contaminación marina fue hallada en Huanchaco y Salaverry (REBAZA, TRESIERRA, ALFARO & VÁSQUEZ, 2013; REBAZA *et al.*, 2019).

Esta investigación tiene como objetivo principal evaluar los parámetros físicos, químicos y biológicos en agua, sedimento y organismos marinos; para obtener información actualizada sobre niveles de contaminación, con la finalidad de alertar a las autoridades pertinentes y evitar el deterioro del ecosistema marino costero en Malabrigo, Huanchaco y Salaverry.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: está determinada por las latitudes 7°09'53,7''S a 9°58'50,4''W, comprendió zonas marino costeras de Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco- Salaverry y Puerto Morín en La Libertad (Fig. 1).

En el intermareal de Puerto Morín, se establecieron 5 estaciones de muestreo (A, B, C, D, E y F) y 3 (RV1, RV2 y RV3) en la cuenca baja del río Virú (Fig. 2).

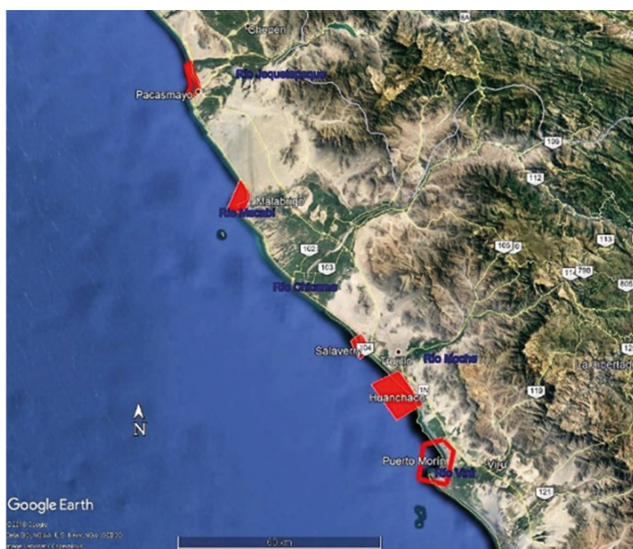


Figura 1.- Localidades de estudio sobre Calidad del Ambiente en Litoral Marino Costero de La Libertad, junio 2016

En Salaverry, se establecieron 8 estaciones en el submareal y 6 (A, B, C, D, E y F) en el intermareal (Fig. 3).

En Huanchaco se plantearon 8 estaciones en el submareal, 6 (A, B, C, D, E y F) en el intermareal y 3 en la cuenca baja del río Moche (Fig. 4).



Figura 2.- Estaciones de muestreo. Puerto Morín, mayo 2017

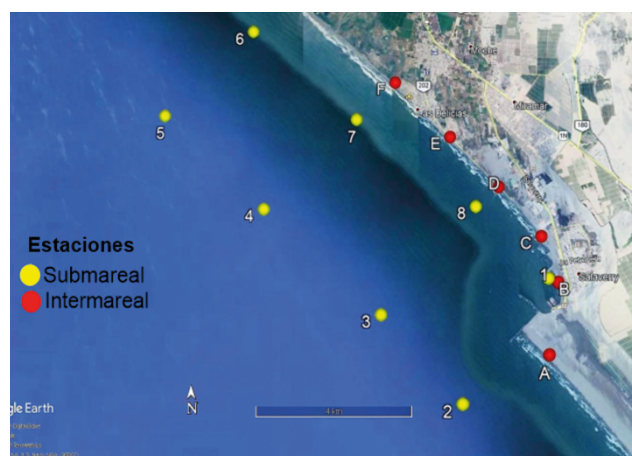


Figura 3.- Estaciones de muestreo. Salaverry, mayo 2017



Figura 4.- Estaciones de muestreo. Huanchaco, mayo 2017

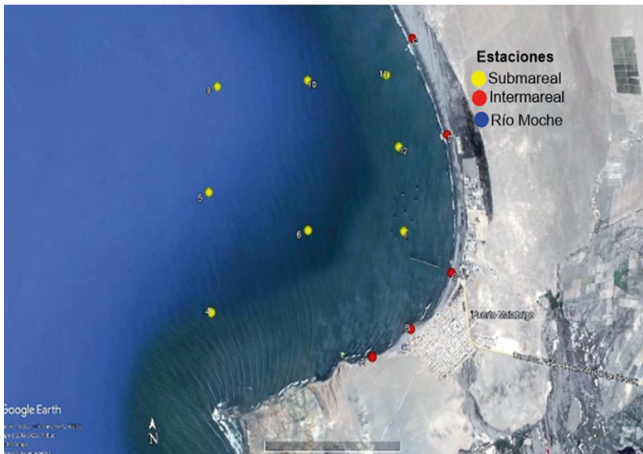


Figura 5.- Estaciones de muestreo. Malabrigo, mayo 2017



Figura 6.- Estaciones de muestreo. Pacasmayo, mayo 2017

En Malabrigo se establecieron 8 estaciones de muestreo en el submareal y 5 en el intermareal (A, B, C, D y E) (Fig. 5).

En Pacasmayo se establecieron 5 estaciones de muestreo en el intermareal (A, B, C, D y E) y 2 en la cuenca baja del río Jequetepeque (RJ1 y RJ2) (Fig. 6).

Muestreo de campo

Muestreo por mar: en el submareal, se establecieron 24 estaciones de muestreos distribuidos en Malabrigo, Huanchaco y Salaverry. En cada nivel se midió la temperatura con un termómetro de mercurio, resolución 0,1 °C. La transparencia se midió con un disco Secchi. Las muestras de superficie se colectaron con un balde de plástico de 10 litros y en el fondo con una botella Niskin de 5 litros de capacidad. Se midió el oxígeno disuelto y pH a bordo, se colectó muestras para salinidad, nutrientes, sólidos suspendidos totales, aceites y grasa, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes.

Se empleó la draga van Veen para colectar muestras de sedimentos para determinar materia orgánica total y macrobentos. Las muestras fueron preservadas a bordo con hielo a excepción de las destinadas a determinación de oxígeno y salinidad.

Para el análisis cualitativo y cuantitativo, las muestras de fitoplancton se colectaron mediante arrastres superficiales, a velocidad de 3 nudos durante 5 minutos, con red estándar (75 micras de abertura de malla) las que se fijaron con formalina al 10%.

Muestreo por línea de playa y ribera de río: en el intermareal de Huanchaco, Salaverry y Puerto Morín, se establecieron seis estaciones de muestreo por localidad; en Pacasmayo y Malabrigo, cinco para

cada una; en el río Jequetepeque se ubicaron dos estaciones de muestreo y tres en el río Moche y Virú, completándose 36 estaciones.

Metodología analítica

En la Tabla 1 se encuentran los métodos utilizados para los diferentes análisis.

Determinaciones biológicas: se basaron en cálculo del volumen de plancton, con una pipeta Pasteur se extrajo el sobrenadante de la muestra a otros frascos, cuidando de no contaminar las muestras. La muestra sin sobrenadante se centrifugó durante 5 minutos a 2400 RPM. Luego, se leyó la muestra centrifugada para determinar su volumen en mL, la muestra se homogenizó y vertió en frascos de 80 y/o 30 mL para su posterior análisis, repitiéndose la misma operación en la muestra restante.

Los resultados se expresaron en mililitros de plancton por metro cúbico de agua de mar filtrada (mL/m³) y se calcularon de acuerdo a la fórmula:

$$V = \frac{V_c}{K} \text{ (mL/m}^3\text{)}$$

Donde:

V_c = volumen centrifugado.

K = constante que indica el volumen total de agua filtrada.

Para calcular la constante, se utilizó la fórmula del volumen del cilindro:

$$V = \pi r^2 h$$

r = radio de la boca de la red estándar.

h = distancia recorrida por la red.

Tabla 1.- Métodos utilizados para determinaciones físicas, químicas y microbiológicas

Parámetro	Método
Oxígeno disuelto	Titulométrico de WINKLER modificado por CARRIT & CARPENTER (1966)
Salinidad	Inducción con el Portasal Guildline 8410A,
Temperatura superficial	Termómetro de mercurio y de inversión
Coliformes	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WPCF 1998) (CLESCERI, EATON & GREENBERG, 1998).
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	APHA – AWWA-WEF, SM, 20TH Ed. (1998). Method 5210 B. Biochemical oxygen demand (BDO) 5-day BDO test (CLESCERI, EATON & GREENBERG, 1998).
Sólidos suspendidos totales	APHA-AWWA-WEF, SM, 20TH Ed., 1998. Method 2540 D. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C (CLESCERI, EATON & GREENBERG, 1998).
Nutrientes	Colorimétrico de STRICKLAND & PARSONS (1972)
pH	Potenciométrico, usando el Termo Orión 3
Materia orgánica total	Geoquímicos de DEAN (1974)
Granulométrico	Tamices marca RETSCH GmbH. Tamaños de malla: 2, 1, 0,50, 0,250, 0,125 y 0,063 mm
Aceites y grasas	Gravimétrico: McQUAKER, 1976

Fitoplancton

Análisis cualitativo y semicuantitativo: el objetivo principal del análisis es proporcionar una visión general de la composición de fitoplancton. De la muestra homogenizada, se toma una submuestra de 3 mL, aproximadamente 40 gotas con pipeta Pasteur y se coloca en una placa Petri.

Se lleva al microscopio para su lectura e identificación con un aumento de 20X. Este proceso se repite 3 veces para llegar a determinar la totalidad de especies presentes. Se elabora un listado de acuerdo a la escala de la abundancia relativa.

4: Muy abundante (mayor de 20 cel/c)

2: Escaso (entre 4 y 10 cel/c)

1: Presente (entre 1 y 3 cel/c)

0: Ausente

Separación de placas, para ser observadas en el microscopio con aumento de 40X o 100X.

Se reportan los resultados en el formato semicuantitativo de fitoplancton, en el cual se registra ocurrencia y abundancia relativa de las especies.

Zooplancton

En el análisis de las muestras se determina biomasa del zooplancton y el análisis taxonómico básico. Las mediciones de biomasa fueron realizadas por el método de volumen desplazado. El análisis de la

composición y conteo de los taxa del zooplancton se realizó en una fracción de cada muestra y con la ayuda de un estereoscopio y un microscopio compuesto. Las mediciones de los volúmenes del zooplancton y la abundancia fueron estandarizadas a 100 m³.

Bentos

La separación, identificación taxonómica y recuento de las diferentes especies e individuos a niveles taxonómicos más inferiores, se realizó utilizando un estereomicroscopio. Los ejemplares se contaron por especie, obteniendo datos de abundancia numérica en todas las muestras analizadas. La información sobre los valores de la abundancia numérica, permitió realizar los análisis estadísticos descriptivos, univariados y gráficos de las comunidades biológicas.

Los resultados de los parámetros de calidad acuática fueron analizados empleando la Modificatoria de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (D. S. N° 004-2017-MINAM, 2017).

Los resultados de materia orgánica total y granulometría fueron analizados de acuerdo a la Guía para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para la Actividad de Consumo Humano Indirecto, Harina y Aceite de Pescado (PRODUCE, 2008).

En sedimento marino, las trazas de metales se determinaron con el método EPA 200.8: 1994 Rev 5.4 *Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry*;

debido a la ausencia de estándar nacional, se eligió a los Niveles Guías vigentes en Canadá: *Canadian Council of Ministers (CCME 2002) Canada Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*.

Este estándar determina los valores ISQG (*Interim Sediment Quality Guideline*), valor guía interino de la calidad de sedimento: concentración por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos y PEL (*Probable Effect Level*), nivel de efecto probable: concentración sobre la cual se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia.

3. RESULTADOS

Aspectos oceanográficos y calidad marina

PUERTO MORÍN

Intermareal: en la Tabla 2 se encuentran los resultados de los parámetros analizados en esta zona. En la Figura 7 se visualiza que los sólidos suspendidos totales superan a los ECA 2012 y 2013.

Cuenca baja del río Virú (RV)

Los resultados de los análisis se observan en la Tabla 3. Destacan los mínimos de fosfatos y silicatos que fueron detectados en la estación RV1 y RV2, respectivamente; mientras que la menor carga de nitritos y nitratos se encontró en la parte alta del río.

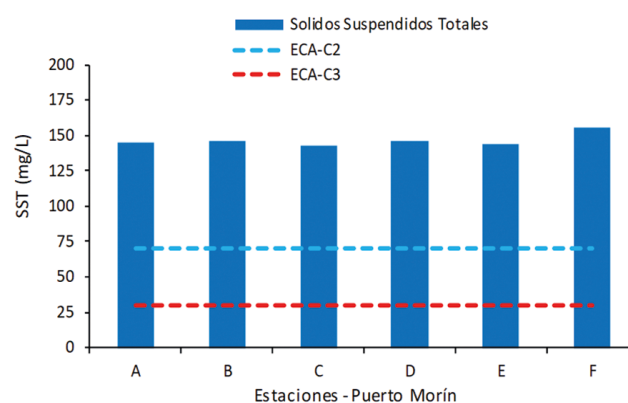


Figura 7.- Variación de sólidos suspendidos totales en el intermareal, Puerto Morín. Mayo 2017

Tabla 2.- Parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el intermareal, Puerto Morín. Mayo 2017

Parámetro	Mínima	Estación	Máxima	Estación	Promedio
Temperatura (°C)	18,7	B, C y D	20,8	A	19,2
Oxígeno (mg/L)	8,49	C y D	8,77	B	7,20
Potencial de Hidronio (Unid.)	8,07	B	8,15	D	
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	143	C	155	F	146,4
Fosfatos (mg/L)	0,27	C	0,64	F	0,45
Silicatos (mg/L)	1,25	C	2,93	F	2,16
Nitrato (mg/L)	1,09	C	2,94	A	1,82
Nitrito (mg/L)	0,04	C	0,09	F	0,07
DBO5 (mg/L)	4,08	A y B	6,20	E	4,71
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1,80	B, C y D	33,00	A y E	14,28
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	1,80	A, B, C, D y E	1,80	A, B, C, D y E	1,80

Tabla 3.- Parámetros físicos, químicos y microbiológicos, cuenca baja del río Virú. Mayo 2017

Parámetros	Mínima	Estación	Máxima	Estación	Promedio
Temperatura °C	20,8	RV1	22,1	RV2	21,5
Oxígeno (mg/L)	8,06	RV1	9,76	RV3	8,91
Potencial de Hidronio (unidad)	7,75	RV2	8,18	RV1	
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	40,5	RV1	141	RV2	103
Fosfatos (mg/L)	0,35	RV1	0,86	RV2	0,63
Silicatos (mg/L)	12,8	RV2	19,8	RV1	16,1
Nitrato (mg/L)	3,35	RV3	4,24	RV2	3,73
Nitrito (mg/L)	0,09	RV3	0,13	RV2	0,11
DBO5 (mg/L)	2,47	RV2	8,33	RV1	4,51
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	540,0	RV1 y RV2	3500,0	RV3	1526,7
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	330,0	RV3	540,0	RV2	406,7

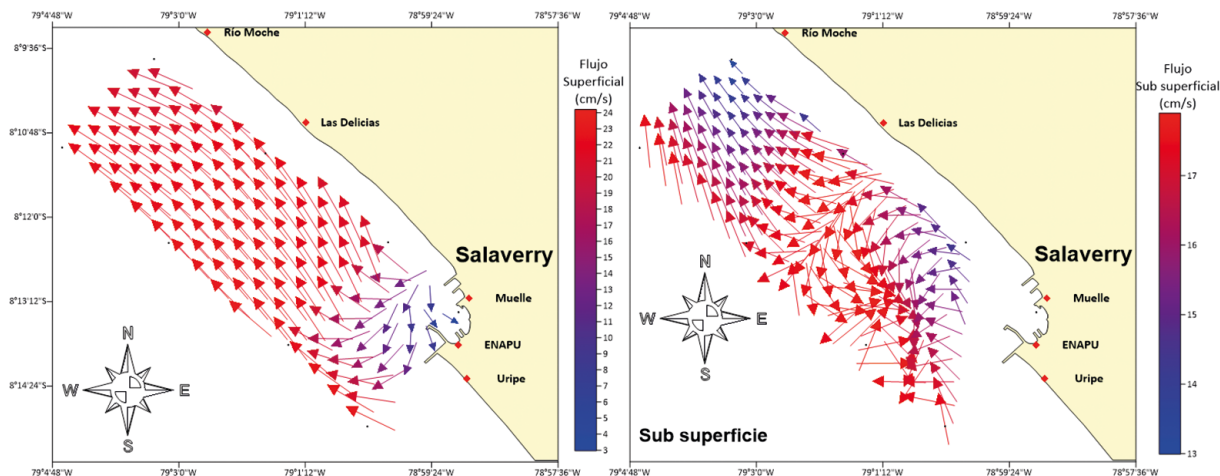


Figura 8.- Corrientes marinas en los niveles superficial y subsuperficial, Salaverry. Mayo 2017

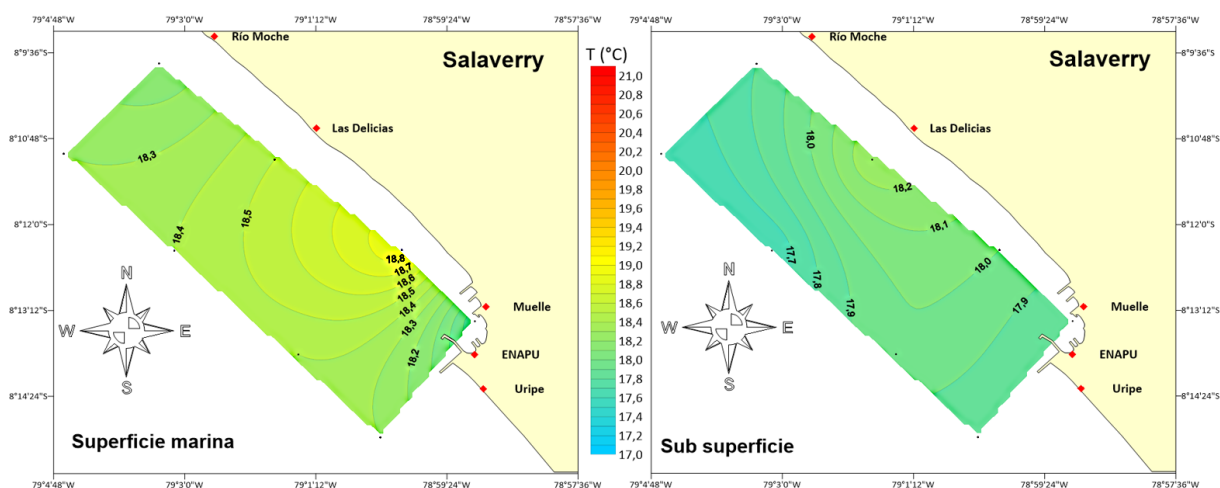


Figura 9.- Temperatura superficial y subsuperficial, Salaverry. Mayo 2017

SALAVERRY

Corrientes marinas: el monitoreo se realizó durante la pleamar (8 a 13 horas), en superficie se registraron velocidades de 2,3 a 24,3 cm/s, promedio 19,7 cm/s, predominando flujos de sur a norte, excepto en la ensenada donde se proyectó del borde costero hacia mar afuera. A un metro del fondo, entre Las Delicias y Salaverry, los flujos presentaron comportamiento anticiclónico y, los flujos oscilaron de 12,9 a 17,9 cm/s, promedio en 16,5 cm/s (Fig. 8).

Temperatura: en superficie se distribuyó en isotermas de 17,9 a 18,8 °C, observándose focos máximos cercanos al borde costero, entre el muelle artesanal y Las Delicias. A un metro del fondo, las isotermas variaron de 17,8 a 18,2 °C. Los promedios fueron 18,3 y 17,9 °C para el nivel superficial y subsuperficial, respectivamente (Fig. 9).

Transparencia: ésta aumentaba con proyección hacia mar afuera, con isólinas de 1 a 5 m paralelas a la costa; valores menores a 1 m se distribuyeron dentro de 1 mn del borde costero del centro-norte de la zona evaluada (Fig. 10).

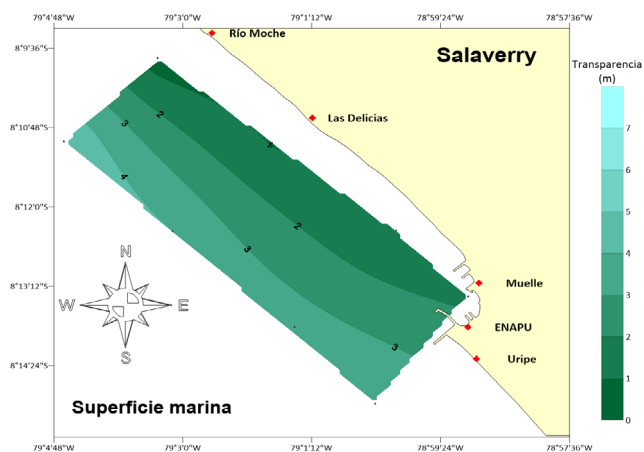


Figura 10.- Distribución de la transparencia en Salaverry, mayo 2017

Fitoplancton

Se identificaron 23 especies en tres Phylum (16 Bacillariophyta, 6 Miozoos y 1 Ochrophyta); entre las Bacillariophytas, las diatomeas presentaron mayor número de células, variando de 1 a 4 según la escala semi cuantitativa; las especies más frecuentes fueron: *Coscinodiscus centralis* y *C. wailesii*. En Miozoa, la especie más frecuente fue *Protoperidinium depressum*. La mayor concentración de plancton se encontró en la estación dos con 4 mL/m³, mientras que en las demás estaciones las concentraciones variaron de 0,2 a 3 mL/m³ (Tabla 4, Fig. 11).

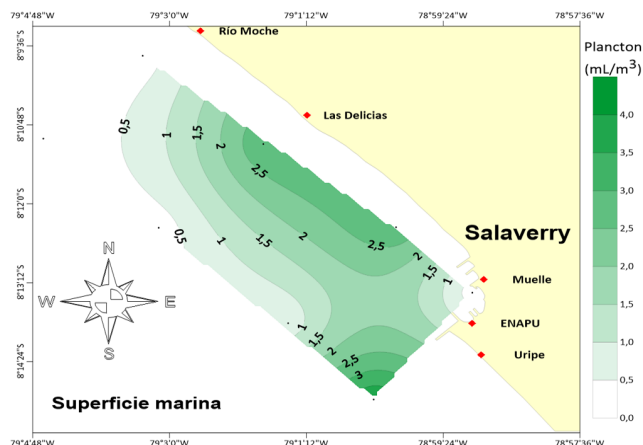


Figura 11.- Distribución de la concentración de plancton en Salaverry, mayo 2017

Tabla 4.- Análisis semicuantitativo de fitoplancton en superficie, frente a Salaverry, mayo 2017

Lugar y Fecha	Salaverry 08 / 05 / 17							
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8
Estación	0.2	4.0	0.6	0.2	0.2	0.2	3.0	3.0
VOLUMENES (ml/m3)								
BACILLARIOPHYTA								
<i>Actinoplychus splendens</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Coscinodiscus centralis</i>	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	3	4	2	1	0	2	4	4
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros affinis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros didymus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	3	2	0	2	0	0	0	0
<i>Chaetoceros decipiens</i>	2	0	0	0	2	1	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Detonula pumila</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptocylindrus</i> sp.	0	0	1	2	0	0	0	0
<i>Lithodesmium undulatum</i>	2	1	0	0	0	0	3	0
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Planctoniella sol</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	1	0	0	0	1	1	1	0
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Odontella aurita</i>	1	0	0	0	1	0	2	0
<i>Rhizoselenia alata</i>	0	0	1	1	0	0	0	1
<i>Rhizoselenia</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Skeletonema</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Skeletonema costatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanopyxis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema gravida</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
OCHROPHYTA								
<i>Octactis octanaria</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Dictyocha fibula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
DINOFLAGELADOS								
<i>Ceratium divaricatum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium macroseros</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium Tripos</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis caudata</i>	1	0	0	0	0	1	0	1
Peridinales (<i>diplēta</i> sp.)	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium conicum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Protoperidinium depressum</i>	4	4	4	2	4	4	4	4
<i>Protoperidinium grande</i>	1	4	3	2	0	2	1	3
<i>Protoperidinium obtusum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyrocystis</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0

Leyenda: Ausente: 0, Presente: 1, Escaso: 2, Abundante: 3, Muy abundante: 4

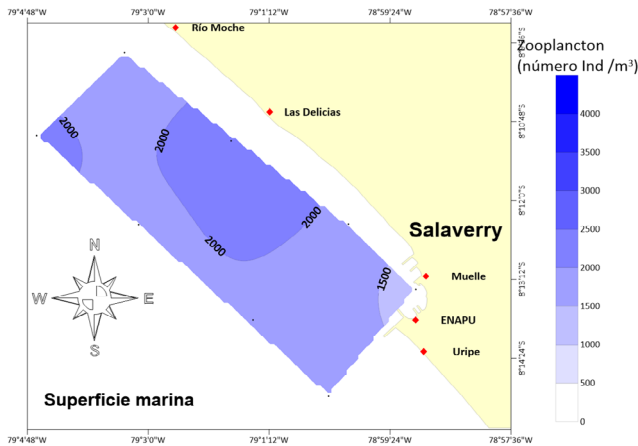


Figura 12.- Número de zooplanctones/m3, Salaverry. Mayo 2017

Zooplancton

Se encontró gran variedad de zooplanctones, identificándose ocho clases de organismos, constituidos principalmente por la clase Maxillopoda (94,82 %), Bivalva (1,71 %), Polychaeta (0,69 %). *Acartia tonsa* (41,36 %) fue la especie dominante, seguida de *Paracalanus parvus* (6,18 %). El número de zooplanctones en las ocho estaciones de tra-

bajo fue de 14.821 individuos, siendo la estación siete la de mayor abundancia relativa (Tabla 5, Fig. 12).

El macrobentos estuvo conformado por ocho especies pertenecientes a tres órdenes taxonómicos, el Phylum más diverso fue Annelida con cinco representantes (68,6 %), y menos diverso Arthropoda con dos especies (20,7 %) y Mollusca con una especie (10,9%) Las especies que presentaron las mayores frecuencias de ocurrencia fueron los poliquetos *Pherusa* sp. (20,7 %) (Tabla 6).

En cuanto a los índices de diversidad, los resultados se dan en la Tabla 7.

Calidad marina

Sólidos Suspendidos Totales (SST): en superficie se concentraron hacia el suroeste del muelle artesanal, con isolíneas de 125 y 140 mg/L. A un metro del fondo, la concentración aumentó con isolíneas de 135 a 155 mg/L, mayores concentraciones se ubicaron próximas al borde costero de la desembocadura del río Moche y al norte del muelle (Fig. 13).

Tabla 5.- Zooplancton (Nº de individuos / m3 de agua de mar filtrada). Salaverry, mayo 2017

Clase	Orden	Zona/isla Fecha Estacion VOLUMENES (ml/m3)	Salaverry 08/05/2017								Total	%
			E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8		
ACTINOPTERYGII	CUPLEIFORMES	ND (Huevo de pez)								1	1	0,00674718
ACTINOPTERYGII	CUPLEIFORMES	ND (larva de pez)								2	2	0,01349437
APENDICULARIA	COPELATA											
BIVALVA	ND	ND (Larva veliger)	250					4			254	1,71378449
GASTROPODA	ND	ND (Larva de gasterópodo)	175								175	1,18075703
HYDROZOA	SIPHONOPHORAE	Siphonophores						1		2	3	0,02024155
HYDROZOA	NARCOMEDUSAE	ND		1					1		2	0,01349437
HYDROZOA	SIPHONOPHORAE	<i>Mugginaea atlantica</i>			1						1	0,00674718
HYDROZOA	LEPTOTHECATAE											
MAXILLOPODA	DECAPODA	ND (Larva nauplio)	390	570	612	595	975	752	885	900	5679	38,3172525
MALACOSTRACA	DECAPODA											
MALACOSTRACA	DECAPODA	ND (Larva zoea)					1			1	2	0,02698873
MAXILLOPODA	HARPACTICOIDA	N. D	45		23	9	54	38	14	32	215	1,45064436
MAXILLOPODA	CALANOIDA	<i>Paracalanus parvus</i>	45	195	220	115	130	85	75	52	917	6,18716686
MAXILLOPODA	CALANOIDA											
MAXILLOPODA	CALANOIDA	<i>Acartia tonsa</i>	130	997	915	875	899	583	920	811	6130	41,3602321
MAXILLOPODA	CYCLOPOIDA	<i>Oncaea confifera</i>		30		51	43	38	17	45	224	1,511369
MAXILLOPODA	CYCLOPOIDA											
MAXILLOPODA	POECILOSTOMATOIDA	<i>Corycaeus speciosus</i>				1					1	0,00674718
MAXILLOPODA	CALANOIDA											
MAXILLOPODA	CYCLOPOIDA	<i>Oncaea venusta</i>								2	2	0,01349437
NARCOMEDUSAE	NARCOMEDUSAE											
NARCOMEDUSAE	NARCOMEDUSAE											
OSTRACODA	PODOCOPIDA	ND (Larva cypris)	80			2	19	1	12	5	119	0,80291478
POLYCHAETA	ND	ND (Larva de poliqueto)	1		2	1	2	1	1	1	9	0,06072465
POLYCHAETA	ND	POLINOIDA (Larva)	1								1	0,00674718
POLYCHAETA	SPIONIDA	ND (Larva trocofora)	60					4		22	87	0,58700493
POLYCHAETA	SPIONIDA	SPIONIDAE (Larva)	2						1	2	5	0,03373592
RIZOPODA	ND	ND				12			20	32	64	0,43181972
SAGITTOIDEA	APHRAGMOPHORA											
total			1225	1887	1959	1808	2150	1542	2350	1900	14821	100
%			8,26529924	12,7319344	13,2177316	12,198907	14,5064436	10,4041563	15,8558802	12,8196478	100	

Tabla 6.- Composición porcentual del macrobentos por estación en el sub mareal de Salaverry, mayo 2017

Phylum	Clase	Orden	Especie	Estación								Total	%	
				1	2	3	4	5	6	7	8			
Mollusca	Bivalvia		<i>Mulinia</i> sp.	1	3	1	1	1	1	1	1	1	10	10,9
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	<i>Hepatus</i> sp.	1	1	1	1	1	1	1	3	1	10	10,9
		Decapoda	<i>Pagurus</i>	1	1	1	2	1	1	1	1	1	9	9,8
Annelida	Polychaeta	Terebellida	<i>Pherusa</i> sp.	1	1	1	7	1	1	1	1	6	19	20,7
		Cirratulidae		1	1	1	1	1	1	1	2	1	9	9,8
		Capitella		1	2	1	2	1	1	1	1	1	10	10,9
		Nemertino		1	3	1	1	1	1	1	1	10	10,9	
		Spionida	<i>Magelona</i> sp.	1	2	1	6	1	1	1	1	2	15	16,3

Tabla 7.- Índices de diversidad del macrobentos, Salaverry. Mayo 2017

Estación	Riqueza (S)	N	Margalef (d')	Equidad de Pielou (J')	Shannon y Wiener (H')	Dominancia Simpson(γ)
E1	8	8	3,37	1,00	2,08	1,00
E2	8	14	2,65	0,95	1,97	0,91
E3	8	8	3,37	1,00	2,08	1,00
E4	8	21	2,3	0,84	1,75	0,82
E5	8	8	3,37	1,00	2,08	1,00
E6	8	8	3,37	1,00	2,08	1,00
E7	8	11	2,92	0,95	1,97	0,93
E8	8	14	2,65	0,85	1,77	0,82

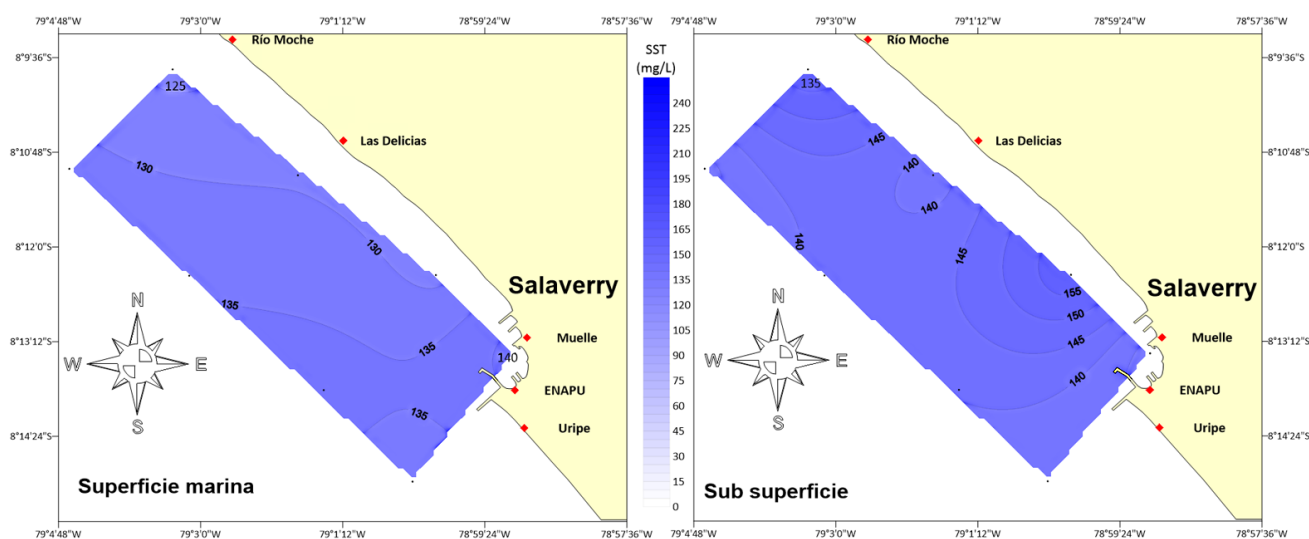


Figura 13.- Distribución y concentración de solidos suspendidos totales en Salaverry, mayo 2017

Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno disuelto superficial presentó isoxígenas de 3,0 a 5,5 mg/L, con tendencia creciente hacia la desembocadura del río Moche y decreciente al muelle artesanal. En el nivel subsuperficial, las isoxígenas de 1,5 a 2,0 mg/L, estuvieron distribuidas en forma descendente hacia el suroeste de la zona evaluada (Fig. 14).

Potencial de hidrógeno (pH)

En superficie la concentración de iones hidronio fue ligeramente alcalino, isóneas de 7,90 a 8,00 Unid., decrecieron hacia la línea de costa de Salaverry (Muelle artesanal). En el nivel subsuperficial el pH disminuyó ligeramente, los valores mínimos, isónea de 7,75 Unidades, abarcaron hasta 1,0 mn de línea de costa entre Las Delicias y el molón norte de Salaverry (Fig. 15).

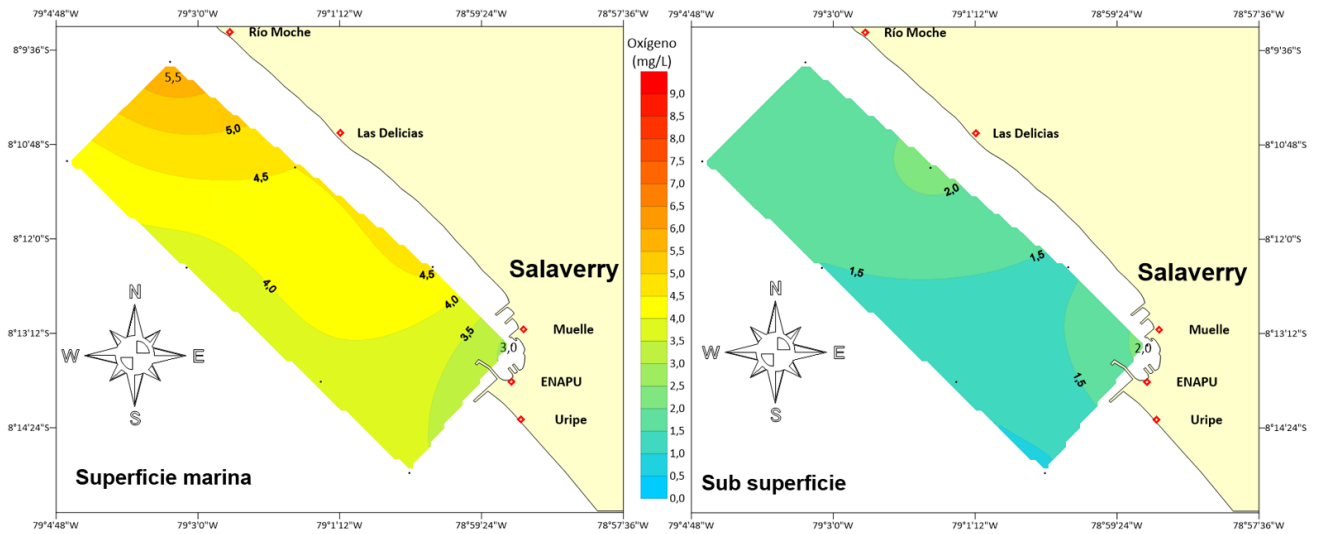


Figura 14.- Distribución del oxígeno superficial y subsuperficial, Salaverry. Mayo 2017

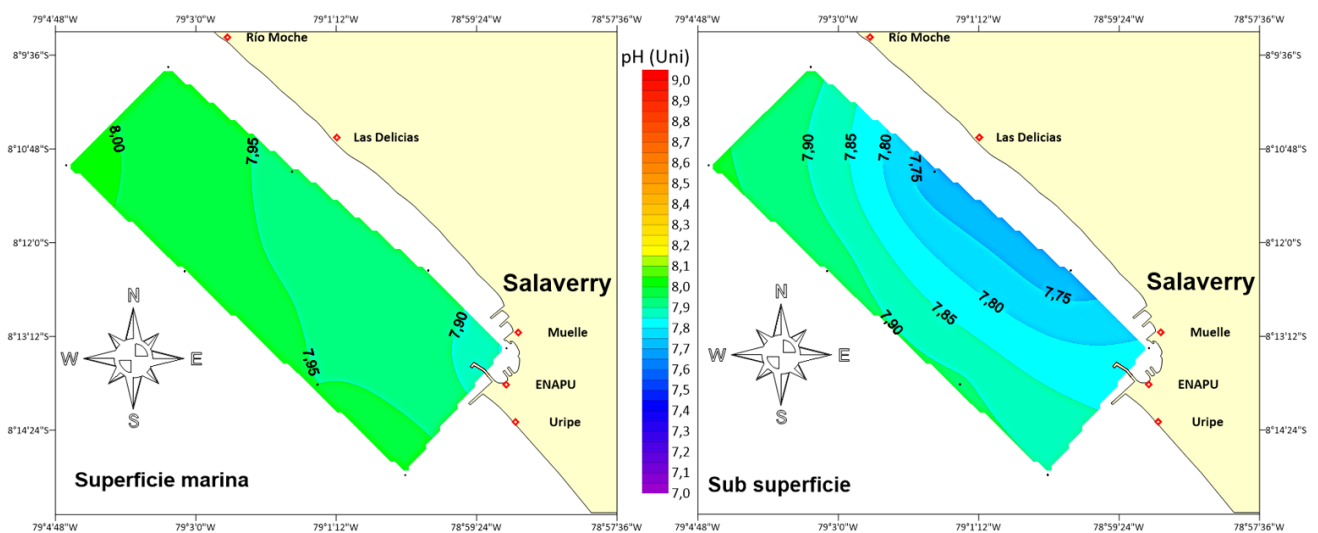


Figura 15.- Distribución del pH superficial y subsuperficial. Salaverry, mayo 2017

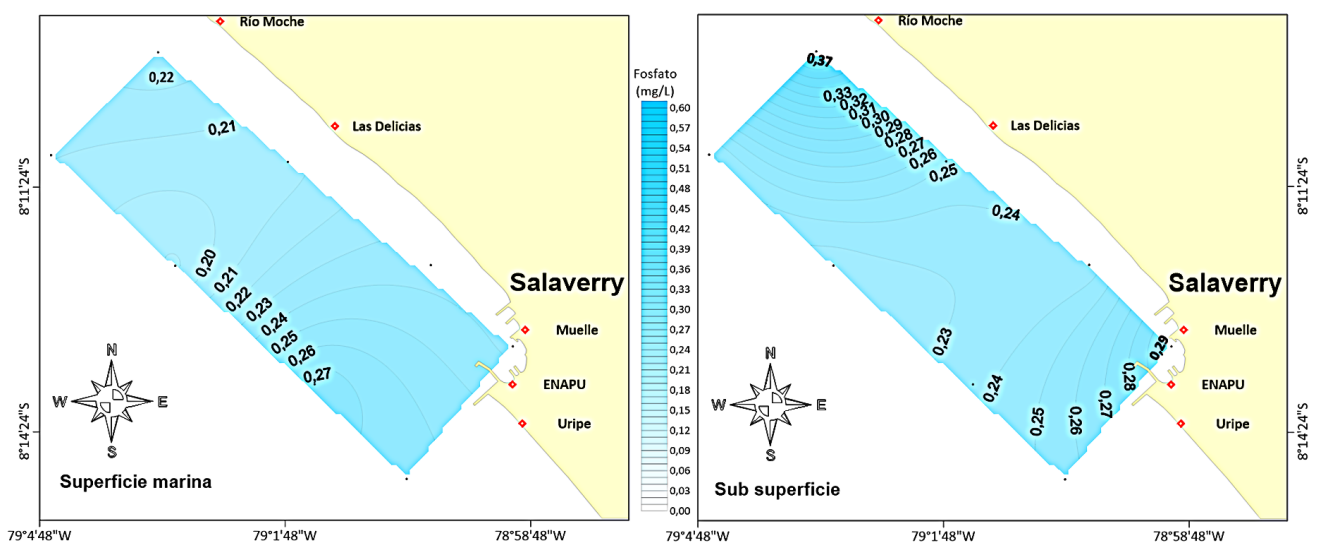


Figura 16.- Distribución de fosfatos superficial y subsuperficial, Salaverry. Mayo 2017

Fosfatos

En superficie el fosfato disuelto se concentró con isolíneas de 0,21 a 0,27 mg/L, valores superiores a 0,24 mg/L se distribuyeron al oeste del muelle pesquero artesanal. A un metro del fondo la concentración aumentó hacia la desembocadura del río Moche, isolíneas perpendiculares de 0,24 a 0,36 mg/L (Fig. 16).

Silicatos

En el nivel superficial se observaron isolíneas de 1,0 a 4,1 mg/L, la tendencia fue decreciente hacia el centro oeste y la máxima frente a la desembocadura del río Moche. A nivel subsuperficial, la concentración máxima, isolínea 3,5 mg/L, fue detectada en la ensenada de Salaverry (Fig. 17).

Nitratos

Los nitratos disueltos en la superficie marina, ascendieron ligeramente con las isolíneas de 1,5 a 3,5 mg/L, conforme se aproximaron a la desembocadura del río Moche, el promedio fue 2,17 mg/L. A un metro del fondo, la distribución fluctuaba con isolíneas de 0,5 a 3,5 mg/L; en la costa de Uripe y Salaverry se detectaron valores mayores de 2,5 mg/L para ambos niveles de profundidad; en tanto que, el núcleo máximo de 3,5 mg/L se halló a 3,0 mn de la costa; el promedio fue 2,01 mg/L (Fig. 18).

Nitritos

A nivel superficial la concentración se distribuyó con las isolíneas de 0,04 y 0,05 mg/L, las máximas fueron localizadas al oeste de Uripe. Los nitritos se incrementaron a un metro del fondo, el promedio fue 0,05

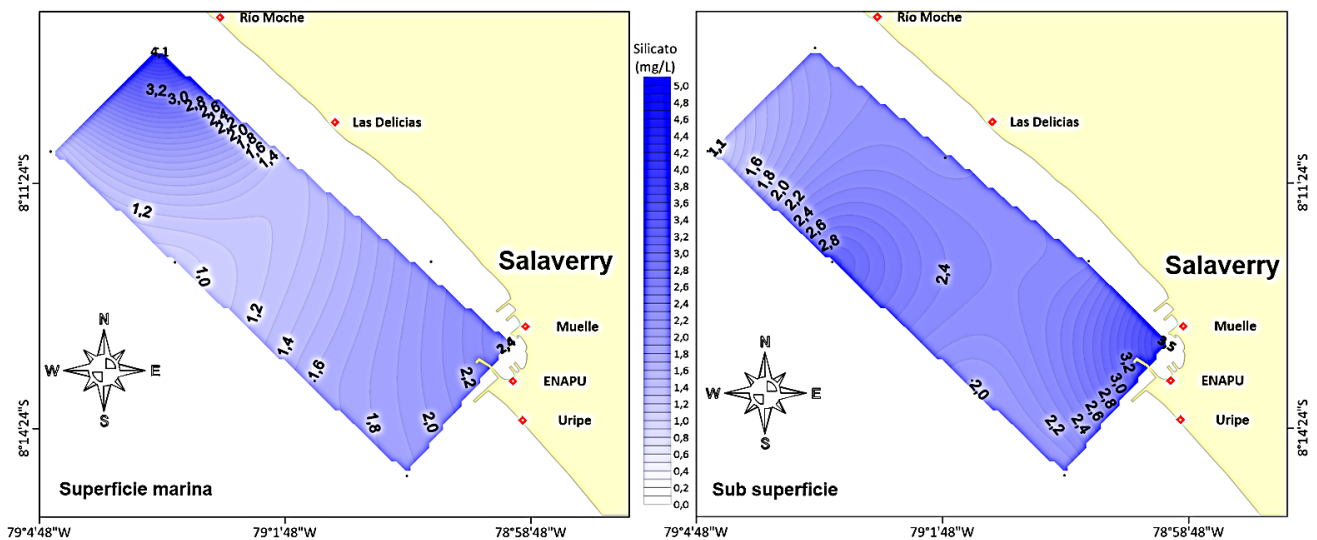


Figura 17.- Distribución de silicatos superficial y subsuperficial, Salaverry. Mayo 2017

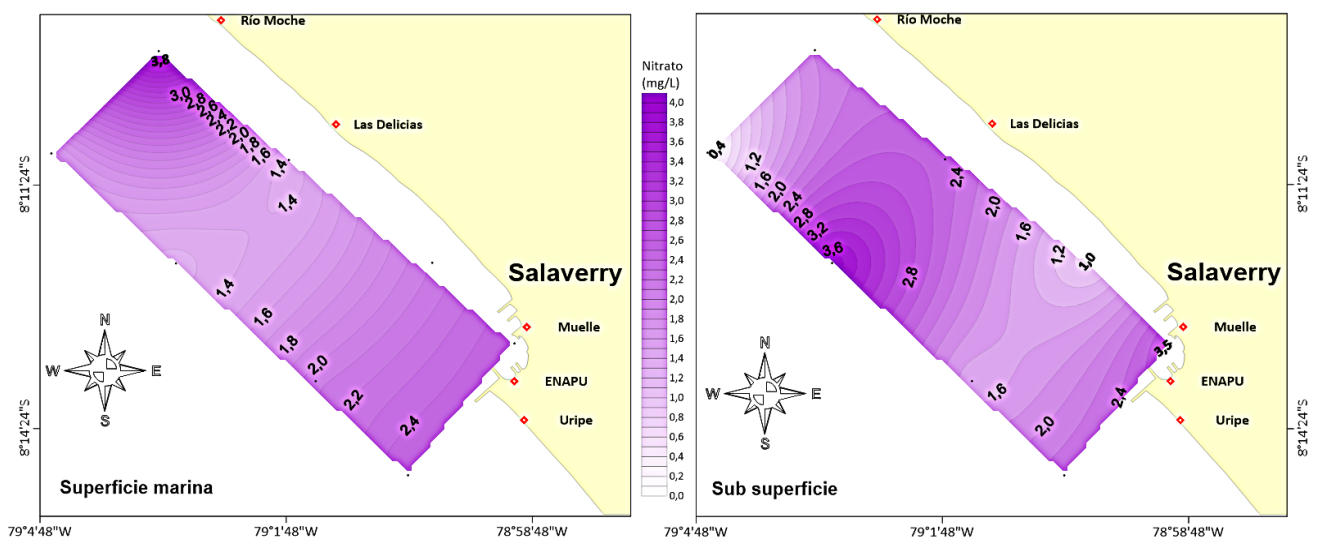


Figura 18.- Distribución de nitratos en el nivel superficial y subsuperficial, Salaverry. Mayo 2017

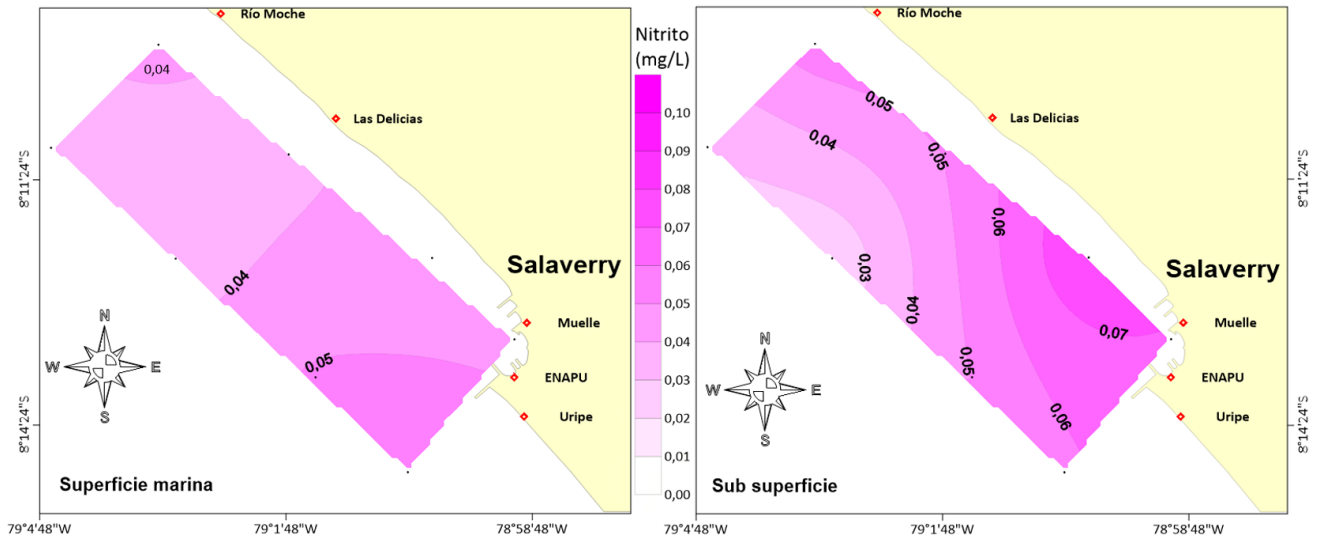


Figura 19.- Distribución de nitrito superficial y subsuperficial, Salaverry. Mayo 2017

mg/L; las isólinas de 0,03 a 0,07 mg/L se desplazan hacia la costa entre Las Delicias y Uripe (Fig. 19).

Aceites y grasas

La concentración de aceites y grasas estuvo conformada por las isólinas de 0,9 a 2,1 mg/L; valores entre 1,5 a 2,1 mg/L se detectaron en el sector norte, frente a Las Delicias y desembocadura del río Moche; en tanto que, los valores menores a 1,2 mg/L en el sur este del área evaluada; el promedio fue 1,44 mg/L (Fig. 20).

Coliformes totales y termotolerantes

En superficie la concentración de coliformes totales y termotolerantes predominante fue <1,8NMP/100 mL. El valor máximo, 350 NMP/100 mL, fue detectado frente a la desembocadura del río Moche (Fig. 21).

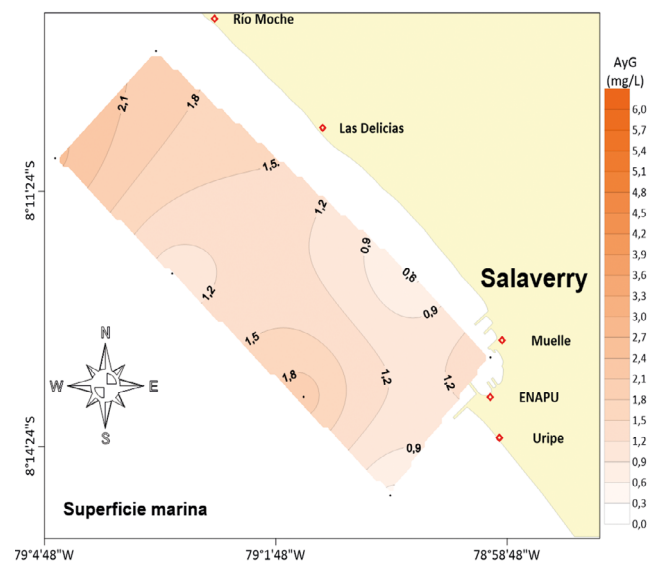


Figura 20.- Distribución de aceites y grasas, superficial, Salaverry. Mayo 2017

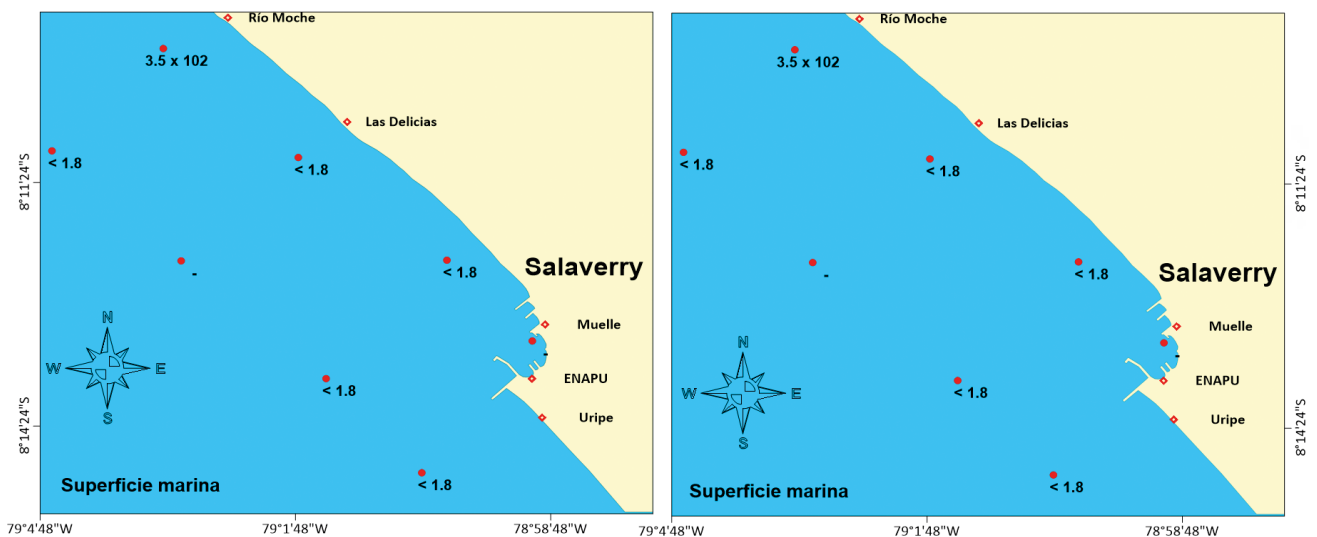


Figura 21.- Distribución de Coliformes Totales y Termotolerantes en superficie, Salaverry. Mayo 2017

Demanda bioquímica de oxígeno

En superficie la demanda bioquímica de oxígeno originó isolíneas de 2,0 a 6,5 mg/L; al norte de Las Delicias se ubicaron valores menores a 5,0 mg/L; en cambio, al sur fueron mayores a 5,0 mg/L, el promedio fue 5,37 mg/L (Fig. 22).

Granulometría

El tamaño de partícula del sedimento marino superficial mostró tendencia decreciente de sur a noroeste; al sur de Las Delicias predominó la arena; en tanto que, la mayor parte área estuvo compuesta por fango arenoso. El porcentaje de arena varió de 30 a 95 % (Fig. 23).

Materia orgánica total

El contenido total varió de 3,69 a 6,50 %, originando isolíneas de 4,0 a 6,5 %, porcentaje que se incrementó conforme se alejaban del muelle, los mayores valores estuvieron frente al borde costero entre Las Delicias y desembocadura del río Moche, las características del sedimento encontrado fue fango con olor a sulfuro, de color gris (Tabla 8, Fig. 24).

Metales pesados

Cadmio: en el sedimento superficial fue superior al valor de la Categoría ISQG (*Interim Sediment Quality Guideline*), debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos; sin embargo, fue inferior a la Categoría PEL (*Probable Effect Level*), sobre la cual se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia (CCME, 2002). El valor medio fue 2,02 mg/kg y varió de 0,93 a 3,10 mg/kg. Fueron detectados 2 centros de acumulación: en el margen costero del río Moche y margen oceánico del puerto Salaverry (Fig. 25).

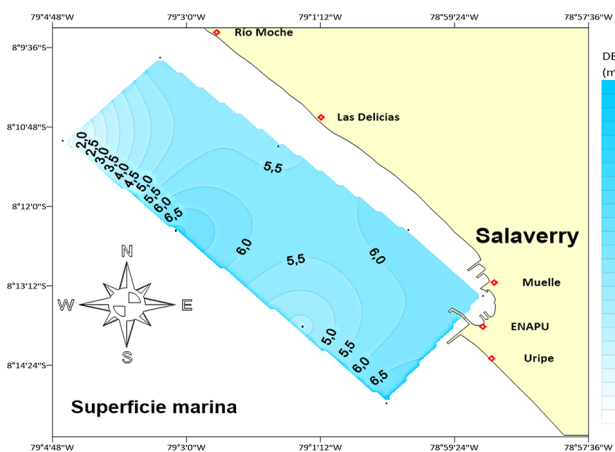


Figura 22.- Demanda bioquímica de oxígeno superficial, Salaverry. Mayo 2017

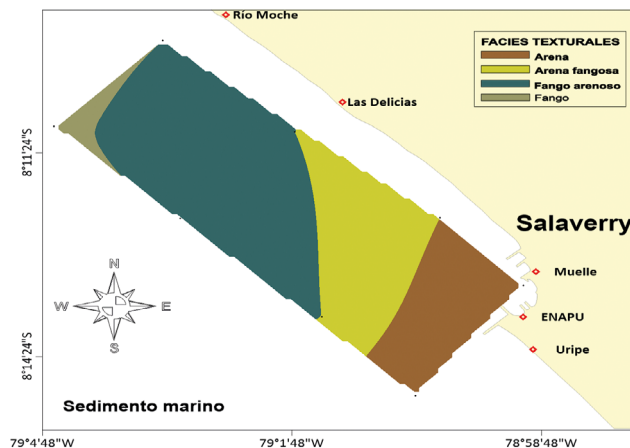


Figura 23.- Granulometría en Salaverry. Mayo 2017

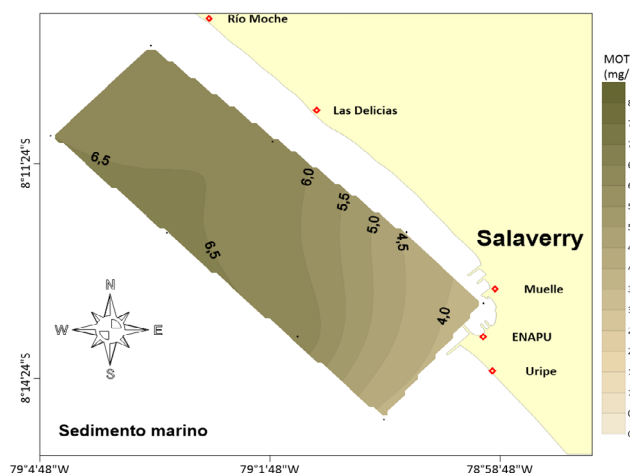


Figura 24.- Distribución porcentual de materia orgánica total contenido en sedimento superficial, Salaverry. Mayo 2017

Tabla 8.- Materia orgánica total del sedimento superficial marino de Salaverry, mayo 2017

Estación	Descripción de la muestra	% Materia orgánica total
1	Fango, ligero olor a sulfuros. 10Y-5GY 5/2 Grayish olive.	3,69
2	Fango, con olor a sulfuros. GLEY 1 5/5GY Greenish gray.	3,76
3	Fango sin olor a sulfuros. GLEY 1 6/10Y Greenish gray.	6,50
4	Fango sin olor a sulfuros. 5Y 6/3 Olive gray.	6,50
5	Fango sin olor a sulfuros. 2,5Y 6/4 Light yellowish brown.	6,50
6	Fango sin olor a sulfuros. 5Y 6/1 Gray.	6,45
7	Fango sin olor a sulfuros. GLEY 1 6/10Y Greenish gray.	4,41
8	Fango con olor a sulfuros. 5Y 5/2 Olive gray.	6,50

Cobre: en el sedimento superficial se halló entre las concentraciones establecidas en la Categoría ISQG, debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos y, PEL sobre la cual se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia (CCME, 2002). El valor medio fue 53,59 mg/kg y osciló de 22,97 a 85,96 mg/kg. El cobre se acumuló en el margen oceánico de Las Delicias (Fig. 26).

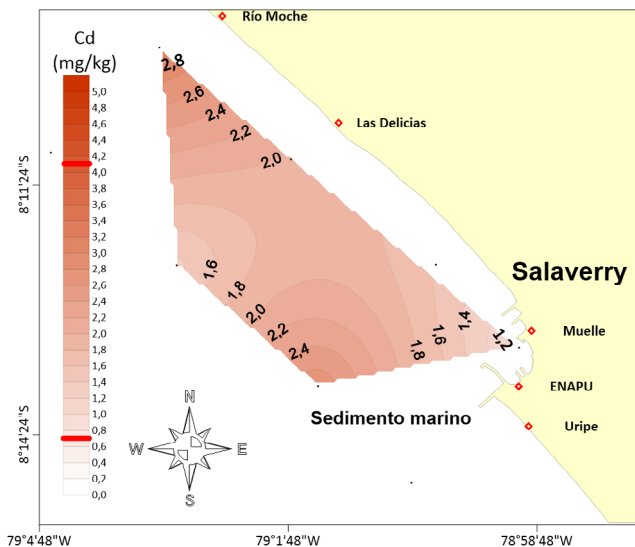


Figura 25.- Distribución de cadmio total en sedimento superficial, Salaverry. Mayo 2017

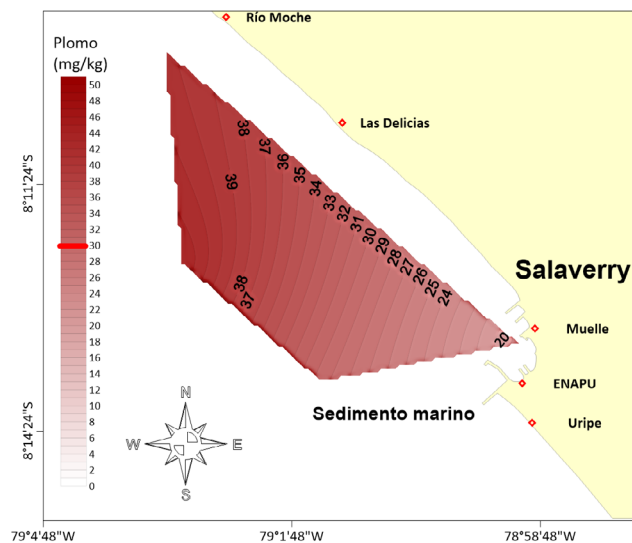


Figura 27.- Distribución de Plomo total contenido en sedimento superficial, Salaverry. Mayo 2017

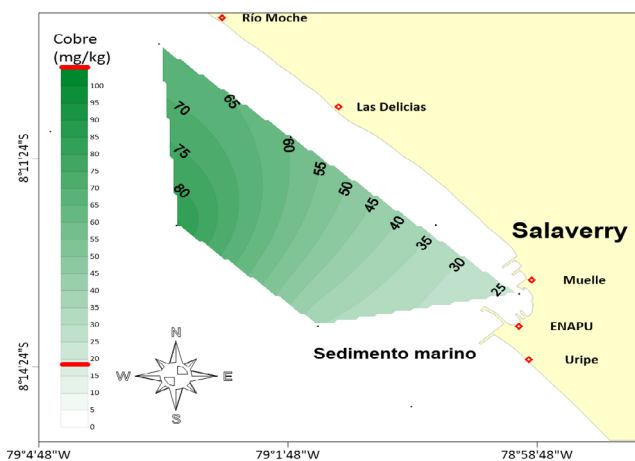


Figura 26.- Distribución de cobre total en sedimento superficial, Salaverry. Mayo 2017

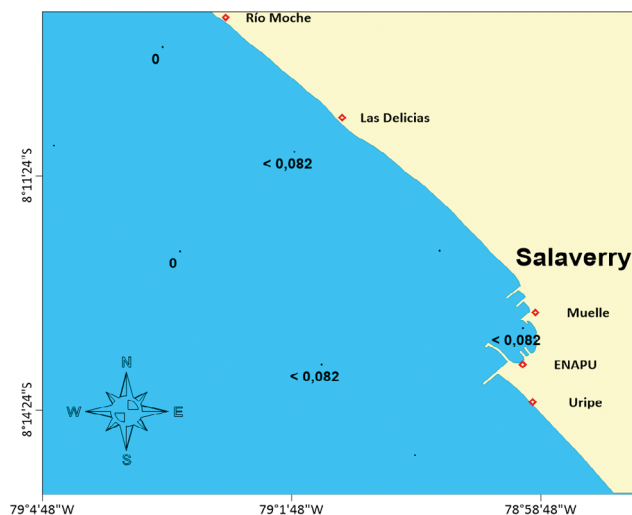


Figura 28.- Distribución de mercurio total en sedimento superficial, Salaverry. Mayo 2017

Plomo: las concentraciones en el sedimento superficial estuvieron por debajo del PEL. El valor medio fue 33,28 mg/kg y fluctuó de 18,31 a 43,10 mg/kg. Así mismo, el sector norte presentó valores (31 a 42 mg/kg), superior a la Categoría ISQG (Fig. 27).

Mercurio: las concentraciones en el sedimento superficial fueron menores a las establecidas en ISQG y PEL. Variaron de <0,082 a 0,106 mg/kg (Fig. 28).

Zinc: las concentraciones en el sedimento superficial estuvieron por debajo del PEL. El valor medio fue 133,38 mg/kg y osciló de 75,70 a 178,72 mg/kg. Siendo el sector Las Delicias y desembocadura del río Moche, las que presentaron valores de 130 a 170 mg/kg, superando la Categoría ISQG. El zinc se concentró hacia el margen oceánico de Las Delicias (Fig. 29).

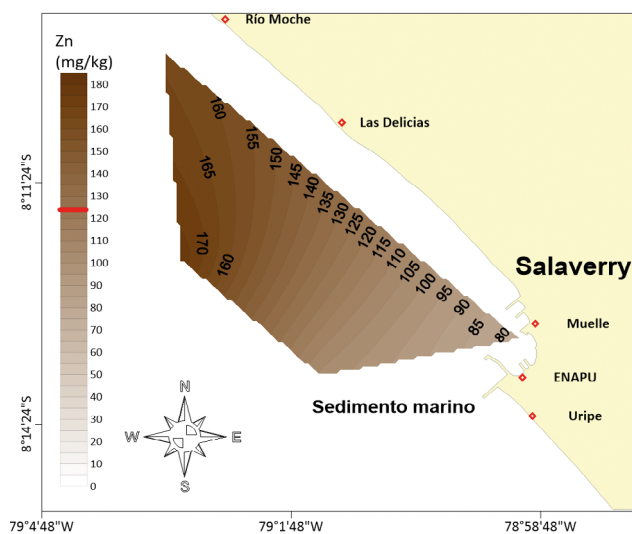


Figura 29.- Distribución de zinc en sedimento superficial, Salaverry. Mayo 2017

Intermareal

Características fisicoquímicas y biológicas: en la Tabla 9 se encuentran las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos determinados en el intermareal de Salaverry. En el caso de los sólidos suspendidos totales, en todas las estaciones superaron lo indicado por el ECA-C2 y ECA- C3. La Demanda bioquímica de oxígeno, estuvo por debajo del ECA; pero los coliformes totales (en las estaciones A y C) superaron lo establecido en el ECA.

HUANCHACO

Submareal

Corrientes marinas: durante la pleamar, los flujos superficiales fueron paralelos a la costa, con intensidad de 18,9 a 25,9 cm/s, en promedio 21,7 cm/s. A un metro del fondo varió de 12,6 a 17,4 cm/s, promedio de 14,9 cm/s, prevalecieron flujos de sur a norte, flujos del oeste ingresaron a la ensenada (Fig. 30).

Temperatura: en superficie la temperatura aumentó hacia el noroeste, isotermas de 18,5 a 19,2 °C, el promedio fue 18,8 °C. A un metro del fondo la distribución fue inversa, la temperatura aumentaba hacia el sur este, con isotermas de 17,8 a 18,2 °C, el promedio fue 18,0 °C (Fig. 31).

Transparencia: la media fue 2,2 m, la visibilidad decreció hacia la línea costera con isolíneas de 1,0 a 4,0 m, los valores máximos fueron detectados en el frente oceánico de Buenos Aires y la desembocadura de las aguas del río Moche.

Fitoplancton

Se identificaron 20 especies (11 del Phylum Bacillariophyta, 7 Miozoos y 2 Ochrophyta); siendo las diatomeas las especies con mayor número de células, variando de 1 a 4 según la escala semi-cuantitativa. Las especies más frecuentes de Bacillariophyta fueron: *Coscinodiscus centralis* y *C. wailesi* y del Phylum Miozoa fueron *Protopteridinium depressum* y *P. grande* (Tabla 10).

Tabla 9.- Concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la zona intermareal de Salaverry. Mayo 2017

Parámetros	Mínima	Estación	Máxima	Estación	Promedio
Temperatura °C	18,2	A	19	F	18,6
Oxígeno (mg/L)	6,00	B	7,50	F	6,51
Potencial de Hidronio (unidad)	7,98	B	8,06	F	
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	143,5	C	170	E	154,5
Fosfatos (mg/L)	0,25	E	0,43	C	2,72
Silicatos (mg/L)	2,09	C	3,23	B	2,72
Nitrato (mg/L)	0,64	D	2,12	A	1,06
Nitrito (mg/L)	0,06	E	0,081	B y C	0,07
DBO5 (mg/L)	2,12	F	3,27	C	2,69
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	1,8	A y C	170	E	64,5
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	1,8	A y C	170	E	47,9

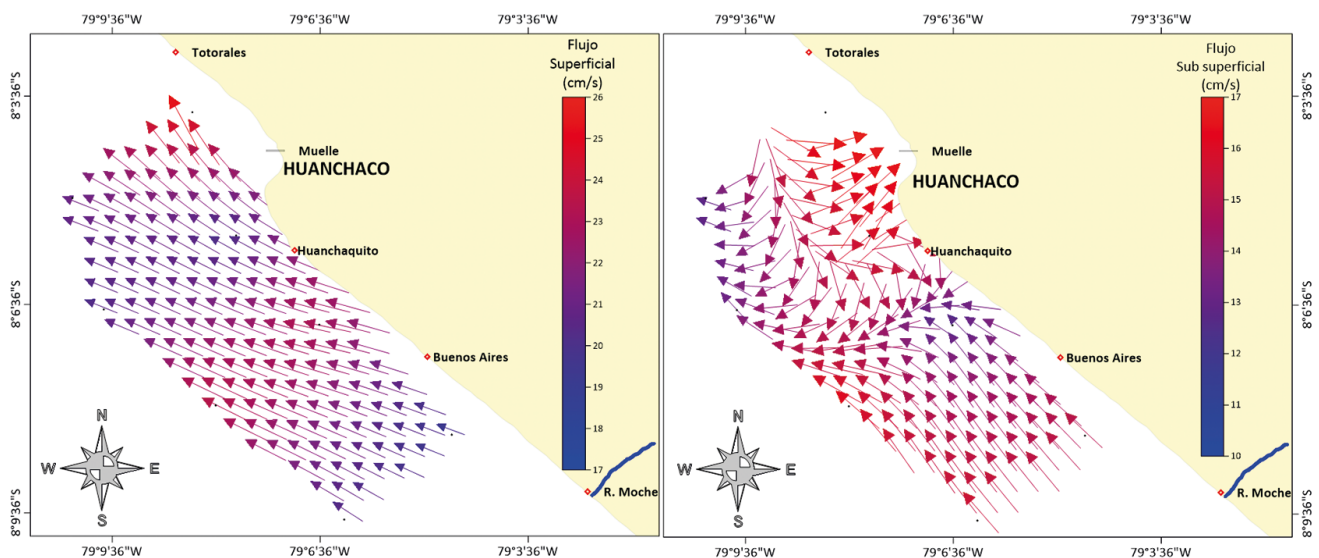


Figura 30.- Dirección e intensidad de corrientes marinas en superficie y fondo, Huanchaco. Mayo 2017

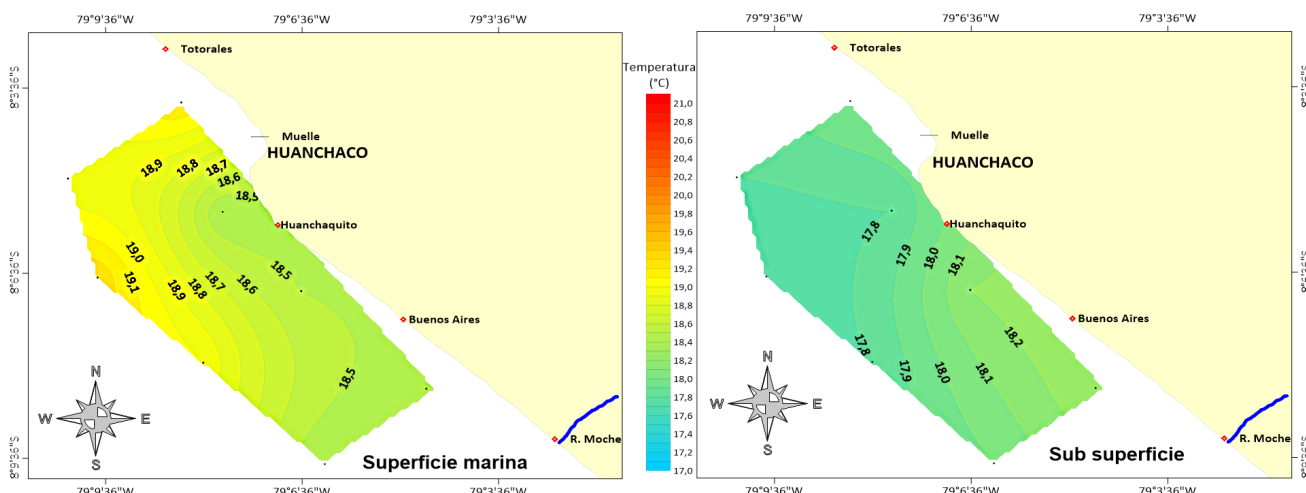


Figura 31.- Distribución de la temperatura en el nivel superficial y subsuperficial. Huanchaco, mayo 2017

Tabla 10.- Análisis semicuantitativo de fitoplancton en superficie, Huanchaco. Mayo 2019

Lugar y Fecha	Huanchaco 09/05/17							
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8
ESTACIÓN								
VOLUMENES (ml/m3)	0.68	1.2	0.4	0.25	2.6	1.2	0.45	1.65
BACILLARIOPHYTA								
<i>Actinoptychus splendens</i>	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Coscinodiscus centralis</i>	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	2	2	2	1	1	1	1	3
<i>Cyclotella</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros didymus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Chaetoceros decipiens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Detonula pumila</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	1	1	1	0	0	0	0	1
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptocylindrus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lithodesmium undulatum</i>	1	1	0	0	0	0	0	1
<i>Licmophora</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planctoniella sol</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Odontella aurita</i>	1	0	2	0	0	0	0	0
<i>Rhizoselenia alata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizoselenia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Skeletonema</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Skeletonema costatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanopyxis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema gravida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
OCHROPHYTA								
<i>Octactis octanaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Dictyocha fibula</i>	0	1	0	0	0	0	0	1
DINOFLAGELADOS								
<i>Ceratium divaricatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium macroseros</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Ceratium Tripos</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Peridinales (Diplopelta</i> sp.)	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Protoperidinium conicum</i>	0	1	0	0	0	0	1	1
<i>Protoperidinium depressum</i>	4	4	4	4	2	3	2	3
<i>Protoperidinium grande</i>	4	2	1	0	0	1	0	0
<i>Protoperidinium obtusum</i>	1	0	0	0	1	0	0	1
<i>Protoperidinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyrocystis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0

Leyenda: Ausente: 0, Presente: 1, Escaso: 2, Abundante: 3, Muy abundante: 4

La mayor concentración de plancton fue hallada en la estación cinco con 2,6 mL/m³, mientras que en las otras estaciones variaron de 0,68 a 1,65 mL/m³ (Fig. 32).

Zooplancton

Se identificaron diez clases de organismos zooplanctontes, siendo el grupo más numeroso la clase Maxillopoda con 97,79 %. *Acartia tonsa* (30,21 %) fue la especie dominante, seguida por *Paracalanus parvus* (16,00 %) y *Oithona* sp. (9,33 %). El número

de zooplanctontes fue de 18840 individuos, siendo la estación siete la de mayor abundancia relativa (Tabla 11, Fig. 33).

Características fisicoquímicas y microbiológicas en agua y sedimentos

Sólidos Suspendidos Totales (SST): en superficie se concentraron hacia el borde costero, isolíneas de 124 a 141 mL/L, el promedio fue 136,3 mg/L. Subsuperficial el promedio fue 153,7 mg/L, elevándose hacia la costa de Huanchaco y Huanchaquito.

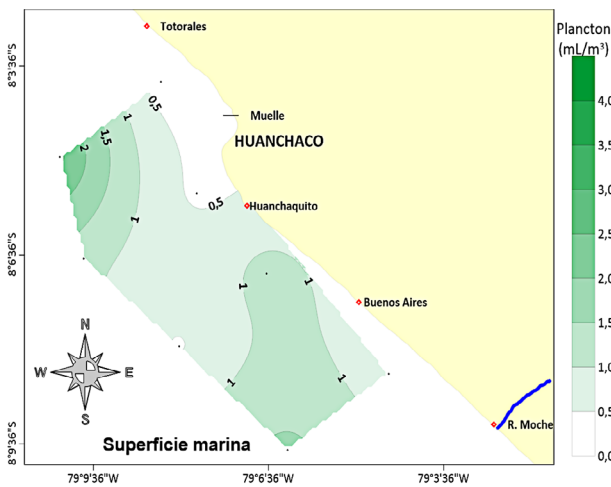


Figura 32.- Concentración (mL/m³) de fitoplancton, Huanchaco. Mayo 2017

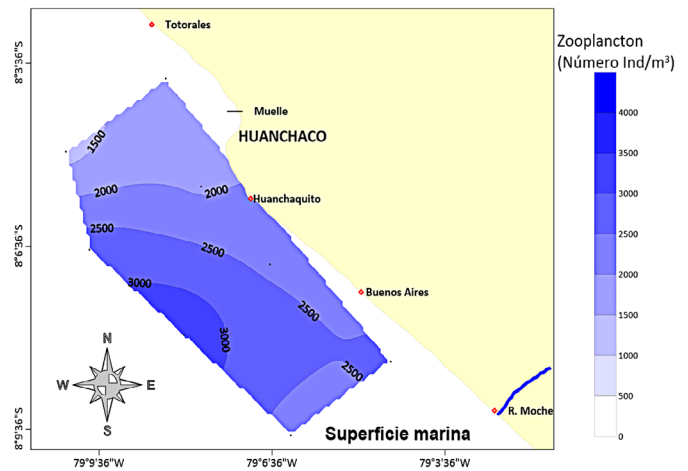


Figura 33.- Número de zooplanctones/m³, Huanchaco. Mayo 2017

Tabla 11.- Zooplancton (N° de individuos/m³ de agua de mar filtrada), Huanchaco. Mayo 2017

		Zona/isla	Huanchaco									
		Fecha	09/05/2017									
Clase	Orden	Estacion	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	Total	%
		VOLUMENES (ml/m ³)	1.4	0.6	0.2	0.2	6.0	2.4	0.2	0.2		
ACTINOPTERYGII	CUPLEIFORMES	ND (Huevo de pez)	2					1			3	0,01626898
ACTINOPTERYGII	CUPLEIFORMES	ND (larva de pez)									0	0
APENDICULARIA	COPELATA	<i>Oikopleura</i> sp.						1	2	2	5	0,02711497
BIVALVA	ND	ND (Larva veliger)	2	1			1				4	0,02169197
GASTROPODA	ND	ND (Larva de gasterópodo)							1		1	0,00542299
HYDROZOA	ANTHOATHECATAE	<i>Euphysa</i> sp.							1		1	0,00542299
HYDROZOA	SIPHONOPHORAE	<i>Chelophyes</i> sp.	1								1	0,00542299
HYDROZOA	NARCOMEDUSAE	<i>Solmundella</i> sp.							1	4	5	0,02711497
MALACOSTRACA	DECAPODA	<i>Emerita analoga</i> (larva zoea)	1		1			3	2	1	8	0,04338395
MALACOSTRACA	DECAPODA	ND (Larva zoea)	1						2		3	0,01626898
MAXILLOPODA	DECAPODA	ND (Larva nauplio)	850	900	780	812	371	1050	1020	880	6663	36,1334056
MAXILLOPODA	HARPACTICOIDA	ND	35	30	1	25	13	60	68		232	1,25813449
MAXILLOPODA	CALANOIDA	<i>Paracalanus parvus</i>	450	398	312	215	54	400	790	345	2964	16,0737527
MAXILLOPODA	CALANOIDA	<i>Calanus</i> sp.	295	212							507	2,7494577
MAXILLOPODA	CALANOIDA	<i>Acartia tonsa</i>	600	570	590	450	675	995	911	780	5571	30,2114967
MAXILLOPODA	CYCLOPOIDA	<i>Oncaea confiera</i>	45	30	22	23	28	43	38		229	1,24186551
MAXILLOPODA	CYCLOPOIDA	<i>Oncaea</i> sp.	20	8		55	14	17	30		144	0,78091106
MAXILLOPODA	CYCLOPOIDA	<i>Oithona</i> sp.	210	180	125	110	105	271	570	150	1721	9,3329718
MAXILLOPODA	POECILOSTOMATOIDA	<i>Corycaeus speciosus</i>							1		1	0,00542299
MAXILLOPODA	CALANOIDA	<i>Eucalanus</i> sp.								2	2	0,01084599
OSTRACODA	PODOCOPIDA	ND (Larva cypris)	2	1			1			2	6	0,03253796
POLYCHAETA	ND	ND (Larva de poliqueto)	2	2	2	2	1			1	10	0,05422993
POLYCHAETA	SPIONIDA	ND (Larva trocofora)		1		3					4	0,02169197
POLYCHAETA	SPIONIDA	SPIONIDAE (Larva)			1			1		1	3	0,01626898
RIZOPODA	ND	ND	45	65	85	4	38				352	1,90889371
		total	2561	2398	1919	1699	1301	2842	3437	2283	18440	100
		%	13,8882863	13,0043384	10,4067245	9,21366594	7,05531453	15,4121475	18,6388286	12,3806941	100	

Oxígeno disuelto (OD): en superficie varió de 4,5 a 7,4 mg/L. Excepto la ensenada de Huanchaco, el oxígeno se incrementó hacia la línea de costa con isoxígenas de 5,0 a 7,3 mg/L, promedio de 5,71 mg/L. A un metro del fondo, las isoxígenas de 0,9 a 2,1 mg/L se distribuyeron perpendiculares al borde costero, los valores mínimos, se ubicaron en la ensenada de Huanchaco, el promedio fue 1,51 mg/L (Fig. 34).

Potencial de hidrógeno (pH): en superficie, fluctuó de 7,94 a 8,01 unidades, los valores disminuyeron levemente hacia el borde costero de la ensenada de Huanchaco, un núcleo de 8,0 unidades se registró en la parte costera al sur de Huanchaquito. A un metro del fondo, presentó similar distribución variando de 7,87 a 7,94 unidades.

Fosfatos: su concentración en superficie se incrementó hacia el sur, con isolíneas perpendiculares a

la costa de 0,18 a 0,22 mg/L; subsuperficialmente se diferenciaron 2 sectores, al norte de Huanchaquito, aumentó hacia el norte con isolíneas 0,21 a 0,29 mg/L, perpendiculares al borde costero; mientras que, al sur los valores aumentaron hacia el sur oeste de Buenos Aires, con isolíneas de 0,19 a 0,25 mg/L (Fig. 35).

Silicatos: en superficie se concentraron hacia la zona costera de Huanchaquito y Huanchaco con isolíneas de 0,80 a 1,60 mg/L. En subsuperficie se hallaron isolíneas paralelas de 1,0 a 1,25 mg/L, los valores aumentaron hacia la zona costera.

Nitratos: en superficie se concentraron hacia la costa de la ensenada variando de 1,0 a 2,3 mg/L. En el nivel subsuperficial, la distribución fue similar con valores de 1,3 a 2,1 mg/L.

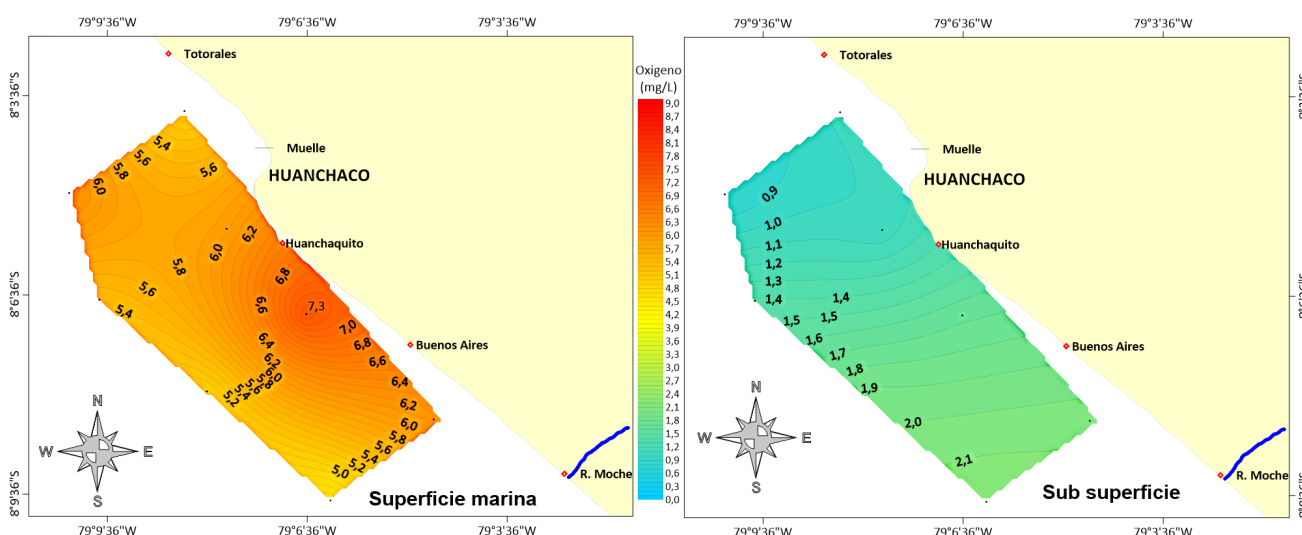


Figura 34.- Distribución de oxígeno superficial y subsuperficial, Huanchaco. Mayo 2017

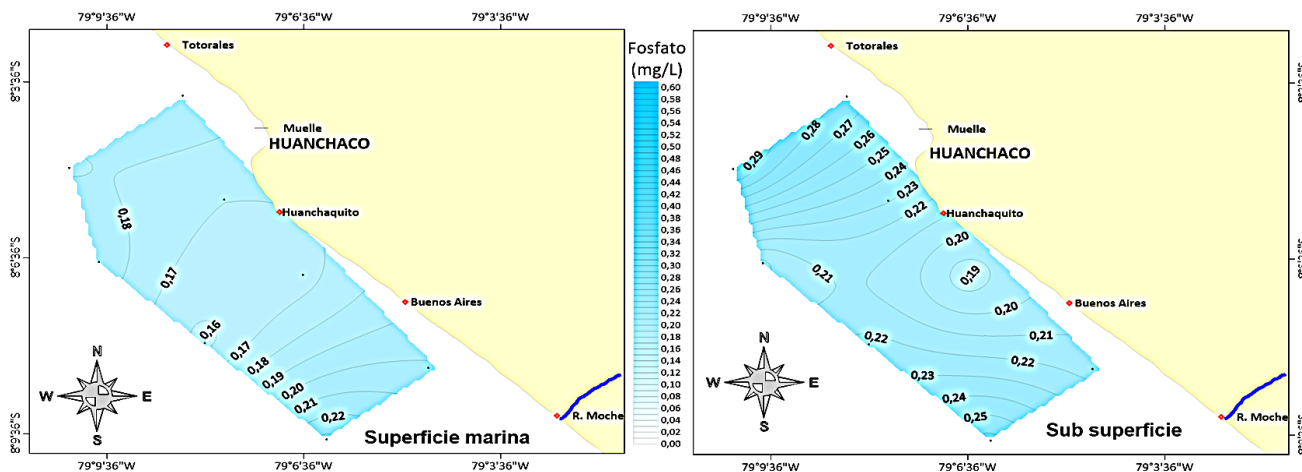


Figura 35.- Distribución de fosfatos en superficie y subsuperficial, Huanchaco. Mayo 2017

Nitritos: en superficie variaron de 0,04 a 0,09 mg/L; hacia el sector oceánico de la desembocadura del río Moche, se registró un núcleo de 0,05 mg/L en la zona costera de Huanchaquito. En el nivel subsuperficial, entre Huanchaquito y la desembocadura del río Moche, varió de 0,03 a 0,07 mg/L; mientras que, en Huanchaco fue de 0,05 mg/L.

Aceites y grasas: en superficie variaron de 0,7 a 1,3 mg/L, las muestras abarcaron 3,0 mn del borde costero, el valor máximo se halló frente a Huanchaquito.

Coliformes totales y tolerantes: entre Huanchaquito y Totorales la concentración de coliformes totales en la superficie oscilaron de <1,8 a 33 NMP/100 mL; en tanto que, los termotolerantes fue <1,8 NMP/100 mL en cada estación de muestreo.

Demanda bioquímica de oxígeno: en superficie predominaron valores menores a 1,5 mg/L.

Granulometría: en Huanchaco-Salaverry, el tamaño de partícula mostró tendencia decreciente de sur a noroeste; al sur de Las Delicias predominó la arena; en tanto que, la mayor parte del área estuvo compuesta por fango arenoso. El porcentaje de arena varió de 30 a 95 % (Fig. 36).

Materia orgánica total: valores de 2 a 5%, los que aumentaron hacia el margen oceánico, en donde se percibieron olores a sulfuros (Tabla 12, Fig. 37).

Metales pesados

Cadmio: en el sedimento se ubicó entre las Categorías ISQG y PEL (CCME 2002). El valor medio fue 2,57 mg/kg y varió de 0,27 a 4,14 mg/kg. Frente a Buenos Aires se halló la mayor acumulación; mientras que, la menor en el margen costero de la ensenada de Huanchaco.

Tabla 12.- Materia orgánica total en sedimento, Huanchaco. Mayo 2017

Estación	Descripción de la muestra	% Materia orgánica total
1	Arena fina con fango, sin olor a sulfuros. GLEY 1 5/10Y Greenish gray.	6,25
2	Arena fina, sin olor a sulfuros, con restos de conchuela partida. GLEY 1 6/10GY Greenish gray.	1,92
3	Arena fina, sin olor a sulfuros. GLEY 1 6/10GY Greenish gray.	1,99
4	Arena fina, sin olor a sulfuros, con restos de conchuela partida. GLEY 1 6/5 GY Greenish gray.	2,27
5	Fango, con olor a sulfuros. GLEY 1 5/5GY Greenish gray.	5,48
6	Fango, sin olor a sulfuros. 10Y- 5GY 5/2 Grayish olive.	3,79
7	Fango con arena fina, sin olor a sulfuros. GLEY 1 5/10Y Greenish gray.	3,65
8	Arena fina con fango, sin olor a sulfuros. 10Y-5GY 5/2 Grayish olive.	5,74

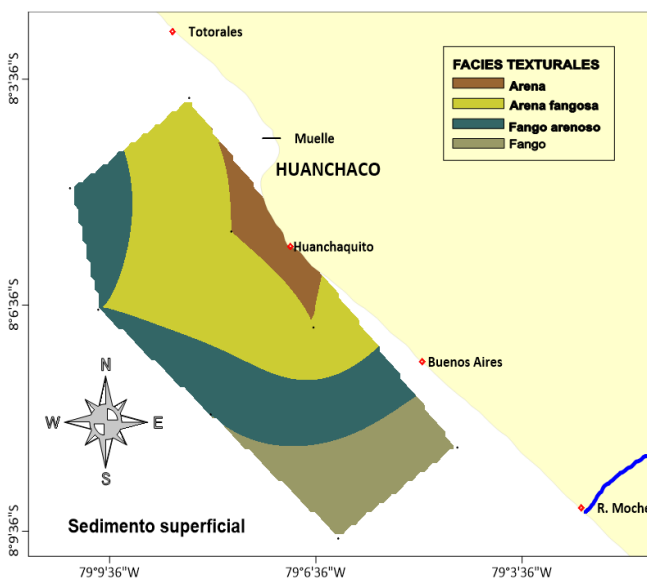


Figura36.- Distribución de facies texturales en fondo marino, Huanchaco. Mayo 2017

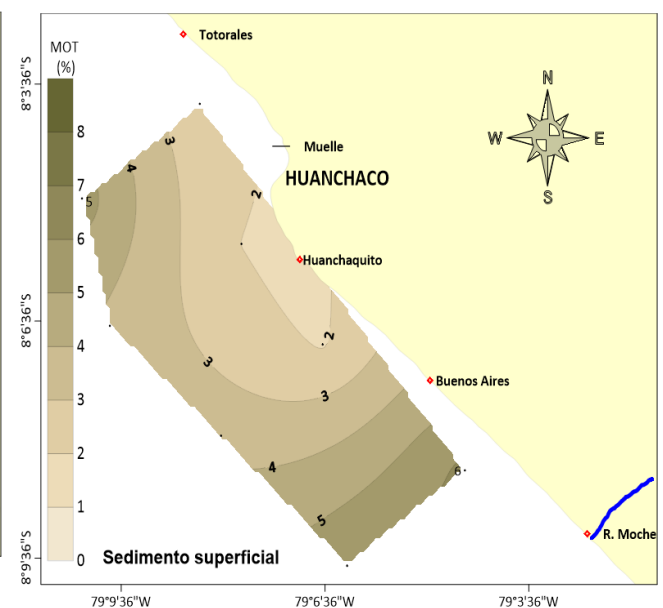


Figura 37.- Distribución porcentual (%) de materia orgánica total en sedimento, Huanchaco. Mayo 2017

Cobre: el sedimento presentó concentraciones superiores a las concentraciones establecidas en la Categoría ISQG, e inferiores al PEL (CCME, 2002). El valor medio fue 37,07 mg/kg, oscilando de 14,00 a 47,31 mg/kg. Se acumuló frente a Buenos Aires y hacia el margen oceánico.

Plomo: el promedio fue 27,17 mg/kg, ubicado entre las Categoría ISQG y PEL (CCME, 2002), varió de 12 a 38 mg/kg. Los sectores con mayor concentración fueron Buenos Aires y en el margen oceánico de Huanchaco y Huanchaquito.

Mercurio: en superficie presentó concentraciones menores a 0,13 mg/kg, valor establecido en la Categoría ISQG (CCME, 2002), sugiriendo que no se esperarían efectos adversos en los organismos acuáticos. A 2,5 mn mar afuera, frente al muelle de Huanchaco, se detectó el máximo valor (0,11 mg/kg).

Zinc: en superficie varió entre 65 y 115 mg/kg, el promedio fue 104,18 mg/kg, las concentraciones disminuyeron hacia el borde costero de la ensenada de Huanchaco. Estos valores, excepto la muestra de la estación 5 (2,5 mn frente a muelle de Huan-

chaco), estuvieron debajo de las establecidas en las Categoría ISQG y PEL.

Intermareal

Características fisicoquímicas: las concentraciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el intermareal se encuentran en la Tabla 13.

Río Moche

Características fisicoquímicas: en la Tabla 14 se encuentran las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos determinados en el río Moche.

Malabrigo

Submareal

Corrientes marinas: los flujos superficiales variaron de 18,0 a 25,7 cm/s y los subsuperficiales de 12,5 a 16,9 cm/s, alcanzando promedios de 21,8 y 15,2 cm/s, respectivamente. En superficie, los flujos ingresaron a la bahía por el suroeste y presentaron un comportamiento de vórtice, con giros anticiclónicos de magnitud moderada.

Tabla 13.- Concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el intermareal de Huanchaco. Mayo 2017

Parámetros	Mínima	Estación	Máxima	Estación	Promedio
Temperatura °C	19,4	C	20,8	E	20,1
Oxígeno (mg/L)	8,42	F	8,99	B	8,72
Potencial de Hidronio (unidad)	8,03	C	8,1	E y F	
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	145,5	B y F	174	A	159,83
Fosfatos (mg/L)	0,26	F	0,38	B	0,3
Silicatos (mg/L)	2,09	D	2,43	E	2,22
Nitrato (mg/L)	0,66	A	1,02	E	0,84
Nitrito (mg/L)	0,05	F	0,07	B y C	0,06
DBO5 (mg/L)	2,29	A	3,59	E	3
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	33	D	1600	A	432,4
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	1,8	D	1600	A	349,4

Tabla 14.- Concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el río Moche, mayo 2017

Parámetros	Mínima	Estación	Máxima	Estación	Promedio
Temperatura °C	22,6	RM3	25,6	RM1	24,2
Oxígeno (mg/L)	3,58	RM2	11,5	RM3	8,8
Potencial de Hidronio (unidad)	7,85	RM2	8,04	RM3	
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	78	RM2	88,5	RM1	83,25
Fosfatos (mg/L)	0,38	RM1	1,92	RM2	0,91
Silicatos (mg/L)	7,31	RM3	15,28	RM2	10,59
Nitrato (mg/L)	0,69	RM1	3,9	RM2	2,82
Nitrito (mg/L)	0,065	RM1	0,224	RM2	0,118
DBO5 (mg/L)	1,01	RM3	9,57	RM2	4,59
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	23	RM1	46	RM2	33,3
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	1,8	RM3 y RM1	33	RM2	12,2

Temperatura: el comportamiento térmico superficial del mar fluctuó de 18,2 a 19,0 °C, temperaturas máximas, se registraron cerca al muelle artesanal y en el sector norte del área evaluada. A un metro del fondo, la temperatura descendió y presentó valores homogéneos de 18,1 a 18,2 °C.

Transparencia: entre playa Huaca Larga y el muelle artesanal y dentro de 1,5 mn mar afuera; en superficie, se registraron menores visibilidades; y valores máximos (4,0 m) fueron detectados en el margen oceánico.

Fitoplancton

Se identificaron 37 especies (23 de Bacillariophyta, 12 de Miozoa y 2 de Ochrophyta); siendo las dia-

tomeas las especies con mayor número de células, con valores que variaron de 1 a 4 según la escala semi-cuantitativa.

Las especies más frecuentes del Phylum Bacillariophyta fueron: *Coscinodiscus centralis*, *C. wailessi*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Ch. decipiens*, *Pseudo-nitzschia* sp., *Skeletonema* sp., *Thalassionema nitzschioides* y *Thalassiosira gravida* y las diatomeas neríticas estuvieron representadas por *Chaetoceros lorenzianus*, *Thalassiosira gravida*, y *Thalassionema nitzschioides*; asimismo, se registraron especies típicas de afloramiento como *Chaetoceros curvisetus* y *Skeletonema costatum*.

En el Phylum Miozoa las especies más frecuentes fueron *Ceratium* sp., *Protoperidinium depressum* y *P. grande* (Tabla 15).

Tabla 15.- Análisis semicuantitativo de fitoplancton en superficie, frente a Malabrigo, mayo 2017

Lugar y Fecha Estación	Malabrigo 10/05/17								
	E-1	E-4	E-5	E-6	E-9	E-10	E-11	E-12	
VOLUMENES (ml/m3)	0.2	2.0	2.0	1.4	0.8	0.4	0-8	0.8	
BACILLARIOPHYTA									
<i>Actinopterychus splendens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Coscinodiscus centralis</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	
<i>Coscinodiscus wailessi</i>	4	0	3	3	3	3	4	3	
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Chaetoceros affinis</i>	0	3	0	2	0	2	3	0	
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	0	4	0	4	2	0	4	4	
<i>Chaetoceros didymus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	
<i>Chaetoceros decipiens</i>	4	4	4	4	3	4	4	3	
<i>Chaetoceros</i> sp.	1	2	0	4	0	0	0	0	
<i>Detonula pumila</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Leptocylindrus</i> sp.	1	3	1	1	1	3	0	4	
<i>Lithodesmium undulatum</i>	0	0	0	3	0	2	1	2	
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Planctoniella sol</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	1	1	0	0	0	0	1	
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	4	1	4	4	4	4	4	3	
<i>Odontella aurita</i>	1		0	2	1		3	2	
<i>Rhizosolenia alata</i>	0	0	1	1	1	1	1	1	
<i>Rhizosolenia</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Skeletonema</i> sp.	4	0	0	4	0	3	0	0	
<i>Skeletonema costatum</i>	0	0	0	0	0	0	4	4	
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	
<i>Stephanopyxis</i> sp.	0	0	2	0	0	0	0	0	
<i>Thalassionema gravida</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	4	4	3	4	3	4	4	1	
OCHROPHYTA									
<i>Octactis octanaria</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	
<i>Dictyocha fibula</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	
DINOFLAGELADOS									
<i>Ceratium divaricatum</i>	0	1	0	1	0	1	2	0	
<i>Ceratium fusus</i>	1	2	1	2	1		4	0	
<i>Ceratium macroseros</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Ceratium Tripos</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	
<i>Ceratium</i> sp.	2	4	2	4	1	3	2	1	
<i>Dinophysis caudata</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	
<i>Peridinales (diplēta sp.)</i>	0	2	2	0	0	0	1	1	
<i>Protoperidinium conicum</i>	0	2	1	1	1	0	2	1	
<i>Protoperidinium depressum</i>	2	4	4	4	4	4	4	1	
<i>Protoperidinium grande</i>	0	4	3	2	2	1	1	1	
<i>Protoperidinium obtusum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Protoperidinium</i> sp.	1	3	1	2	2	1	3	2	
<i>Pyrocystis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	

Leyenda: Ausente: 0, Presente: 1, Escaso: 2, Abundante: 3, Muy abundante: 4

La mayor concentración de plancton fue hallada en las estaciones cuatro y cinco con 2 mL/m³ en ambos puntos, mientras que en las anteriores estaciones las concentraciones variaron de 0,8 a 1,4 mL/m³.

Zooplancton

Se identificaron nueve clases de organismos zooplanctontes conformados por 16 especies, siendo el grupo más numeroso la clase Copepoda con 99,4 % (Tabla 16).

Calanus sp. (88,5 %) fue la especie dominante, seguida por *Oithona nana*. Larvas de *Spionida* sp. y *Capitella* sp., estuvieron también presentes en las muestras de dos estaciones, las que son indicadores biológicos de contaminación marina.

El número de zooplanctontes fue de 13 321 individuos, con promedio de 1.665 individuos /m³, siendo la estación cuatro la de mayor abundancia relativa (Tabla 16).

Características fisicoquímicas y microbiológicas en agua y sedimentos

Sólidos Suspendedos Totales (SST): en superficie la concentración decreció hacia el centro de la bahía con valores de 130 a 115 mg/L. A un metro del fondo los sólidos suspendidos (100 a 240 mg/L) se

concentraron hacia el borde costero entre el muelle y playa Huaca Larga.

Oxígeno disuelto (OD): en superficie fluctuó de 2,9 a 5,9 mg/L, presentó distribución creciente, hacia la costa central de la bahía los valores variaron de 3,5 a 5,5 mg/L. A un metro del fondo, fue detectado un núcleo de 3,5 mg/L en el centro de la bahía, en tanto que, la mínima de oxígeno (2,0 mg/L) estuvo próxima al muelle artesanal y en el límite norte del área evaluada.

Potencial de hidrógeno (pH): en superficie fluctuó con isolíneas de 7,87 a 8,06 unidades, los valores decrecieron hacia el norte de la bahía. A un metro del fondo, el pH mínimo (7,64 a 7,50 unidades) se presentó entre el muelle artesanal y el norte-centro del área evaluada.

Fosfatos: en superficie variaron de 0,13 a 0,23 mg/L, las concentraciones decrecieron (0,20 - 0,14 mg/L) hacia el sector central del área evaluada. En tanto a un metro del fondo, presentó tendencia creciente hacia la costa con valores de 0,14 a 0,50 mg/L.

Silicatos: en superficie presentaron promedio de 1,23 mg/L, variaron de 0,8 a 1,6 mg/L, la mayor concentración se ubicó dentro de las 2 mn de costa. A un metro del fondo, la concentración promedio au-

Tabla 16.- Zooplancton (N° de individuos/m³ de agua de mar filtrada), Malabrigo. Mayo 2017

Zona/isla		10/12/2015											
Fecha		Estacion											
Clase	Orden	VOLUMENES (ml/m3)	E-1	E-4	E-5	E-6	E-9	E-10	E-11	E-12	Total	%	
			0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2			
ACTINOPTERYGII	CUPLEIFORMES	ND (Huevo de pez)		1	2	2	10	8	2		25	0,18201675	
ACTINOPTERYGII	CUPLEIFORMES	ENGRULIDAE (Huevo)				1					1	0,00728067	
ACTINOPTERYGII	CUPLEIFORMES	ND (larva de pez)					2	1			3	0,02184201	
APENDICULARIA	COPELATA	<i>Oikopleura</i> sp.		17	28	5	6	7	2		65	0,47324354	
		ND (Larva veliger)	2	3				15	2		22	0,16017474	
GASTROPODA	ND	ND (Larva de gasterópodo)					2	2			4	0,02912268	
HYDROZOA	SIPHONOPHORAE	Siphonophores			2	2					4	0,02912268	
HYDROZOA	HYDROIDOMEDUSAE	Subclass (Anthomedusae)					1				1	0,00728067	
HYDROZOA	ANTHOATHECATAE	<i>Amphinema</i> sp.	1								1	0,00728067	
HYDROZOA	NARCOMEDUSAE	<i>Solmundella</i> sp. (larva)		2	2		1	1			6	0,04368402	
HYDROZOA	SIPHONOPHORAE	<i>Muggisea atlantica</i>								1	1	0,00728067	
MALACOSTRACA	DECAPODA	<i>Emerita analoga</i> (larva zoea)		1		3	5	47	4		60	0,43684019	
MALACOSTRACA	DECAPODA	ND (Larva zoea)						2			2	0,01456134	
MALACOSTRACA	DECAPODA	Pinnotheridae (larva zoea)						3			3	0,02184201	
MAXILLOPODA	DECAPODA	ND (Larva nauplio)	80	762	776		710	650	665	313	3956	28,8023298	
MAXILLOPODA	HARPACTICOIDA	N. D	75	150		131	50	62	44	38	550	4,0043684	
MAXILLOPODA	HARPACTICOIDA	<i>Euterpina acutifrons</i>				1					1	0,00728067	
MAXILLOPODA	CALANOIDA	<i>Paracalanus parvus</i>	28	70	128	250	120	200	187	128	1111	8,0882417	
MAXILLOPODA	CYCLOPOIDA	<i>Mecynocera clausi</i>		5	3	1					9	0,06552603	
MAXILLOPODA	CALANOIDA	<i>Calanus</i> sp.				1	2	2	6		11	0,08008737	
MAXILLOPODA	CALANOIDA	<i>Acartia tonsa</i>	55	520	690	790	812	785	520	435	4607	33,5420459	
MAXILLOPODA	CYCLOPOIDA	<i>Oncaea conyfera</i>	1	35	11	1	34	22	1	22	127	0,92464507	
MAXILLOPODA	CYCLOPOIDA	<i>Oithona</i> sp.	35	480	580	480	420	375	295	180	2845	20,7135056	
MAXILLOPODA	CALANOIDA	<i>Eucalanus</i> sp.					1	1			2	0,01456134	
MAXILLOPODA	CYCLOPOIDA	<i>Oncaea venusta</i>					1				1	0,00728067	
MAXILLOPODA	CYCLOPOIDA	ND	195			35	15				245	1,78376411	
MAXILLOPODA	CALANOIDA	<i>Candacia</i> sp.					1	1			2	0,01456134	
MAXILLOPODA	CALANOIDA	<i>Euchaeta</i> sp.					1				1	0,00728067	
MAXILLOPODA	HARPACTICOIDA	<i>Microsetella</i> sp.						1		1	2	0,01456134	
OSTRACODA	PODOCOPIDA	ND (Larva cypris)	1			2		2	1	1	7	0,05096469	
POLYCHAETA	ND	ND (Larva de poliqueto)				2	1	1		1	5	0,03640335	
POLYCHAETA	SPIONIDA	ND (Larva trocofora)	22	1	8	2	4	2		3	42	0,30578813	
POLYCHAETA	SPIONIDA	SPIONIDAE (Larva)									1	0,00728067	
RIZOPODA	ND	N.D							10		10	0,0728067	
SAGITTOIDEA	APHRAGMOPHORA	<i>Sagitta</i> sp.			1		1				2	0,01456134	
total			495	2047	2231	1709	2200	2190	1739	1124	13735	100	
%			3,60393156	14,9035311	16,2431744	12,4426647	16,0174736	15,9446669	12,6610848	8,18347288		100	

mentó a 1,44 mg/L, se observaron valores de 0,9 a 2,1 mg/L, con tendencia ascendente hacia el área central.

Nitratos: en superficie se distribuyeron de 0,90 a 1,60 mg/L; la mayor concentración se halló a 2,0 mn frente a muelle artesanal, el promedio fue 1,12 mg/L. En el nivel subsuperficial la concentración promedio disminuyó (0,02 mg/L), concentrándose hacia el centro inferior del área evaluada.

Nitritos: en ambos niveles presentaron tendencia creciente hacia el borde costero del norte de la bahía. En superficie, valores de 0,04 a 0,06 mg/L; a un metro del fondo, fueron de 0,04 a 0,09 mg/L.

Aceites y grasas: en superficie las concentraciones se encontraron de 0,40 a 1,10 mg/L.

Coliformes totales y termotolerantes: las concentraciones en superficie marina originaron isolíneas de 10 a 70 NMP/100 mL. Valores >50 NMP/100 mL fueron detectados en los extremos noroeste y suroeste del área monitoreada; en tanto que los <45 NMP/100 mL estuvieron cercanos a la costa.

Demanda bioquímica de oxígeno: los valores variaron de 4,7 a 5,9 mg/L, mayores a 5,5 mg/L predominaron en la zona central.

Granulometría: el sedimento superficial en el submareal estuvo conformado mayormente por arena fangosa y fango arenoso (63 %); el fango (limo-arcilla) se distribuyó próximo al muelle artesanal; mientras que, la arena se halló en el extremo suroeste del área evaluada.

Materia orgánica total: se encontró de 1,68 a 7,23 %. Los valores ascendieron conforme se aproximaron a la línea de costa. Las muestras observadas que contenían arena, no presentaron olor a sulfuro, solo en la Estación 11 se halló restos de conchuelas y todas fueron de color gris; en tanto que, en las muestras con fango predominó el olor a sulfuros con colores gris verdoso (Tabla 17).

Metales pesados

Cadmio: en sedimento la concentración osciló de 0,045 a 1,846 mg/kg. Máximos valores (>1,2 mg/kg) fueron detectados próximos al muelle artesanal; mientras que, los mínimos (<0,4 mg/kg) frente a playa Huaca Larga.

Cobre: el contenido total varió de 8,461 a 18,72 mg/kg. Se observó un foco de concentración mínima de 10,0 mg/kg a 0,7mn del muelle pesquero artesanal; en tanto que, el máximo valor (15 mg/kg) se registró próximo al mismo muelle.

Tabla 17.- Descripción y porcentaje de materia orgánica total en sedimento, en Malabrigo. Mayo 2017

Estación	Descripción de la muestra	Materia orgánica total %
1	Fango moderado, fuerte olor sulfuro. GLEY 1 6/10Y Greenish gray	7,23
4	Arena fina, sin olor a sulfuros. 5Y 5/1 Gray.	1,97
5	Arena fina, sin olor a sulfuros. 5Y 6/1 Gray	1,77
6	Arena fina, sin olor a sulfuros. 5Y 5/1 Gray	1,68
9	Fango, sin olor a sulfuros. 5Y 5/1 Gray.	2,22
10	Fango, sin olor a sulfuros. 5Y 5/2 Olive gray.	4,11
11	Arena fina, restos de conchuela partida. 5Y 5/1 Gray.	2,03
12	Fango, moderado olor a sulfuros. Gley 1 6/10Y Greenish gray.	6,89

Tabla 18.- Concentraciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, intermareal de Malabrigo. Mayo 2017

Parámetros	Mínima	Estación	Máxima	Estación	Promedio
Temperatura °C	18,6	A	19,3	D	18,9
Oxígeno (mg/L)	7,64	A	9,35	B	8,79
Potencial de Hidronio (unidad)	8,00	C	8,06	B, D y E	
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	139	D	186,5	B	162,7
Fosfatos (mg/L)	0,3	E	0,44	A	0,38
Silicatos (mg/L)	1,93	C	2,41	E	2,1
Nitrato (mg/L)	0,7	D	0,96	B	0,87
Nitrito (mg/L)	0,07	C	0,1	A	0,08
DBO5 (mg/L)	1,3	A	4,24	D	3,3
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	240	B	920	C	566,7
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	49	B	350	C y D	249,7

Plomo: en el sedimento varió de 8,46 a 23,71 mg/kg. La concentración ascendió hacia el norte de 10 a 22 mg/kg, con isolíneas perpendiculares a la costa.

Mercurio: en el sedimento presentó valores menores a 0,082 mg/kg, excepto en la estación próxima al muelle pesquero artesanal, donde alcanzó 0,095 mg/kg.

Zinc: en el sedimento la concentración presentó tendencia creciente hacia la línea de costa, con valores de 45 a 60 mg/kg, los valores de máximas concentraciones se distribuyeron próximas al muelle pesquero artesanal.

Intermareal

Características fisicoquímicas y biológicas

En la Tabla 18 se dan a conocer las concentraciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos registrados en el intermareal de Malabrigo. Respec-

to a los nutrientes, en la Estación C (muelle artesanal pesquero) se halló la menor cantidad de silicatos y nitritos; mientras que, al norte (Estaciones D y E) mínima de fosfatos y nitratos, valores máximos de fosfatos y nitritos se ubicaron al sur (Estación A). Respecto a la contaminación microbiológica, coliformes totales y termotolerantes, el punto más afectado es el muelle artesanal pesquero con 920 y 350 NMP/100 mL.

PACASMAYO

Intermareal

En la Tabla 19 se dan a conocer las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos registrados en el intermareal de Pacasmayo.

CUENCA BAJA DEL RÍO JEQUETEPEQUE

En la Tabla 20 se dan las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Tabla 19.- Concentraciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, en intermareal de Pacasmayo. Mayo 2017

Parámetros	Mínima	Estación	Máxima	Estación	Promedio
Temperatura °C	19,7	A	20,8	E	20,3
Oxígeno (mg/L)	8,44	D	9,30	A	8,81
Potencial de Hidronio (unidad)	8,09	D	8,24	E	
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	144,5	D	158	E	153
Fosfatos (mg/L)	0,28	E	0,37	A	0,32
Silicatos (mg/L)	1,83	E	2,69	D	2,33
Nitrato (mg/L)	0,41	B	0,89	C	0,77
Nitrito (mg/L)	0,06	B	0,08	C, D y E	0,07
DBO5 (mg/L)	2,61	C	3,76	A	3,13
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	350	B	1,8	A	180,5
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	1,8	A	49	C y D	3,13

Tabla 20.- Concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el río Jequetepeque (RJ). Mayo 2017

Parámetros	Mínima	Estación	Máxima	Estación	Promedio
Temperatura °C	24,5	RJ1	25,4	RJ2	25
Oxígeno (mg/L)	5,20	RJ1	7,80	RJ2	6,5
Potencial de Hidronio (unidad)	7,83	RJ1	8,92	RJ2	
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	29,5	RJ2	74,5	RJ2	52
Fosfatos (mg/L)	0,1	RJ2	0,23	RJ1	0,16
Silicatos (mg/L)	13,26	RJ1	54,1	RJ2	33,68
Nitrato (mg/L)	0,7	D	0,96	B	0,87
Nitrito (mg/L)	0,07	C	0,1	A	0,08
DBO5 (mg/L)	1,3	A	4,24	D	3,3
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	240	B	920	C	566,7
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	49	B	350	C y D	249,7

4. DISCUSIÓN

En mayo 2017, se evaluó la Calidad del Ambiente Marino y Costero en Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco y Salaverry, en superficie, detectándose condiciones oceanográficas ligeramente cálidas, al estar en la fase final de El Niño Costero, imperando aguas costeras frías (acf) con rezagos de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). El promedio de la temperatura, anomalía térmica y oxígeno disuelto fue 18,5 °C; 0,8 °C y 4,82 mg/L, respectivamente, asociados con pH de 7,84 a 8,07 unidades. Condición similar reportó el ENFEN (2017); mientras que REBAZA *et al.* (2019) quienes trabajaron en junio 2016, detectaron que las condiciones oceanográficas fueron neutras.

La mínima concentración de oxígeno disuelto superficial (2,8 mg/L) fue hallada en torno a los muelles de Salaverry y Malabrigo, valores que no coincidieron con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental (ECA) para Agua en las Categorías 2 (Sub categoría C1, C2 y C4) y Categoría 4 (Sub Categoría E3) (D. S. N° 004-2017-MINAM); sin embargo, el potencial de hidrógeno varió de 7,84 a 8,07 Unidades, acorde con el ECA en las Categorías 2 y 4.

En toda la columna de agua, Salaverry presentó las mayores concentraciones de fosfatos, silicatos y nitratos; en superficie, los promedios fueron 0,26; 1,92 y 2,17 mg/L, respectivamente; mientras que, las menores se detectaron en Malabrigo. En la submareal los nitratos cumplieron con los ECA en las Categorías 2 y 4. En junio 2016, la concentración fue mayor para silicatos y nitratos y menor para los fosfatos (REBAZA *et al.*, 2019).

En Huanchaco, Salaverry y Malabrigo, el contenido de sólidos suspendidos totales en la columna de agua fueron superiores a junio del 2016; asimismo, sobrepasaron los ECA (<30,0 mg/L) para la Categoría 4 (E3: Ecosistemas Marino Costeras) y Categoría 2 (Actividades Marino costeras) (D. S. N° 004-2017-MINAM).

El contenido promedio de aceites y grasa fue 1,43; 0,93 y 0,78 mg/L para Salaverry, Huanchaco y Malabrigo, respectivamente; valores >1 mg/L, sobrepasando los ECA Categoría 2 (Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales); no obstante, estuvieron acorde con la Categoría 4 (<5,0 mg/L) (E3: Ecosistemas Marino Costeras) (D. S. N° 004-2017-MINAM).

Malabrigo fue la zona con mayor presencia de coliformes totales y termotolerantes, variaron en un rango de <1,8 a 79 NMP/100 mL y <1,8 a 49 NMP/100 mL, respectivamente. Coliformes termotolerantes superiores a 30 NMP/100 mL sobrepasaron los ECA para la Categoría 2 (Sub Categoría 2, 3 y 4); sin embargo, estuvieron acorde con la Categoría 4 (E3: Ecosistemas costeros y marinos). En tanto que, excepto puntos costeros (500 m de orilla) en Huanchaco y Salaverry, predominaron valores <1,8 NMP/100 mL, similar a lo reportado en junio 2016.

El promedio de la demanda bioquímica de oxígeno en el submareal, presentó el siguiente orden creciente: Huanchaco (1,27 mg/L) < Salaverry (5,37 mg/L) < Malabrigo (5,45 mg/L), estando acorde con el ECA de las Categorías 2 y 4 (10 mg/L).

El **cobre** promedio en el sedimento superficial marino presentó orden creciente latitudinal, Malabrigo (12,1 mg/kg), Huanchaco (37,1 mg/kg) y Salaverry (53,6 mg/kg); el cobre total en Malabrigo estuvo acorde con los estándares en la categoría ISQG (*Interim Sediment Quality Guideline*) y PEL (*Probable Effect Level*) (CCME, 2002), en tanto que, Huanchaco y Salaverry se ubicaron sobre la categoría ISQG y debajo de PEL (Concentración sobre la cual se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia).

El contenido de plomo promedio por zona, del sedimento superficial de la sub mareal varió de 13,5 a 33,28 mg/kg para Malabrigo y Salaverry; respectivamente, ambos estuvieron acorde con los estándares en la categoría ISQG y PEL (CCME, 2002); sin embargo, debemos mencionar que 3 puntos de muestreo en Malabrigo y 2 en Huanchaco superaron el ISQG (CCME, 2002). Comparado con junio 2016, Salaverry (36,26 mg/kg) disminuyó; en tanto que, Malabrigo (13,89 mg/kg) presentó similar concentración.

El mercurio a nivel de puntos de muestreo fluctuó de <0,082 a 0,107 mg/kg, predominando valores <0,082 mg/kg, los que estuvieron acorde con los estándares en la categoría ISQG y PEL (CCME, 2002); similar con la evaluación de junio 2016.

El cadmio en sedimento superficial marino de la submareal de Malabrigo, Huanchaco y Salaverry presentó valores que ocasionalmente producen efectos biológicos adversos, ubicados entre las categorías ISQG (0,7 mg/kg) y PEL (4,2) (CCME, 2002); pero fueron ligeramente menores a lo obtenido en junio 2016.

El zinc registrado en el sedimento superficial en Malabrigo (49,3 mg/kg) fue menor respecto a Huanchaco (104,2 mg/kg) y Salaverry (133,4 mg/kg), ubicado por debajo de la categoría ISQG, lo que sugiere que en Malabrigo no se esperan efectos biológicos adversos relacionado con este metal. Contrariamente, en tres puntos de muestreo en Salaverry, sobrepasaron los estándares en la categoría ISQG; sin embargo, comparado con junio 2016 (178,83 mg/kg) descendió notoriamente.

En el río Virú el oxígeno y pH cumplieron con la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, a diferencia de lo encontrado en las estaciones RM2 y RJ2 ubicadas en los Puentes de los ríos Moche y Jequetepeque. Los nitratos, nitritos, DBO5 y los coliformes termotolerantes cumplieron el ECA para la Categoría 3 (100 mg/L, 10 m/L, 15 mg/L, 1000 NMP/100 mL, respectivamente) (D. S. N° 004-2017-MINAM).

Los nitratos y nitritos de los ríos monitoreados presentaron valores similares con respecto al reporte de mayo 2016. Coliformes termotolerantes decrecieron significativamente y cumplieron con el ECA (D. S. N° 004-2017-MINAM).

En el fitoplancton el mayor número de especies (37) fue detectado en Malabrigo, mientras que, Huanchaco y Salaverry presentaron un número (20) similar. Con respecto a diatomeas, *Coscinodiscus centralis* y *C. wailessi* proliferaron en las zonas monitoreadas, alcanzaron el valor de 4 en la escala semi cuantitativa, similar a lo determinado en junio 2016. También se detectaron ocurrencia y abundancia de los dinoflagelados *Protoperdinium depressum*, *P. grande* y *Ceratium* sp., asociados a procesos de surgencia de aguas costeras frías. Con respecto a los géneros potencialmente tóxicos, la *Pseudo-nitzschia* incluye especies productoras de

ácido domoico y especies que no la producen (GILBERT, 2008), en Malabrigo se registró el género en todos puntos de muestreo, alcanzando 4 en la escala semi cuantitativa.

5. CONCLUSIONES

El monitoreo de la Calidad del Ambiente Marino Costero de Malabrigo, Huanchaco y Salaverry se desarrolló en condiciones oceanográficas ligeramente cálidas, fase final del evento El Niño Costero 2017, imperaron aguas costeras frías con rezagos de Aguas Subtropicales Superficiales.

En el submareal de Malabrigo, Salaverry y Huanchaco y en los desembarcaderos de Malabrigo y Salaverry, se registró contaminación por agentes físicos y químicos, incumpliendo el ECA (D. S. N° 004-2017-MINAM, 2017) para las Categorías 2 y 4; contrariamente con los microbiológicos, DBO5 y coliformes termotolerantes.

En Salaverry gran parte del sedimento superficial marino presentó alto contenido de materia orgánica total, textura fangosa y olor a sulfuros; en Malabrigo estas características estuvieron restringidas al sector costero en Huanchaco, frente a la playa Buenos Aires y en el margen oceánico de la ensenada.

El cadmio en el sedimento de Malabrigo, Huanchaco y Salaverry podría ocasionar efectos biológicos adversos, así como el cobre en Huanchaco y Salaverry; el plomo en Malabrigo y Huanchaco y el zinc en Salaverry; mientras que, el mercurio no ocasionaría efectos biológicos adversos.

El género potencialmente tóxico, *Pseudo-nitzschia*, que incluye especies productoras de ácido domoico y especies que no la producen, se presentó en todos los puntos de muestreo de Malabrigo.

6. REFERENCIAS

- CARRIT, D. & CARPENTER J. (1966). Comparison and evaluation of currently employed modification of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water. *J. Mar. Res.* 24(3): 286-318. https://elischolar.library.yale.edu/journal_of_marine_research/1077
- CCME. (2002). *Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Summary tables*. <http://www.popstoolkit.com/Tools/SitePrioritization/Files/Guidelines/SedQ%20aquatic%20life.pdf>
- CHÁVEZ, F. P., BERTRAND, A., GUEVARA-CARRASCO, R., SOLER, P. & CSIRKE, J. (2008). The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future. *Progress in Oceanography*, 79(2-4), 95-105. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.012>
- CLESCERI, L. S., EATON, A. D. & GREENBERG, A. E. (Eds.). (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (20° ed.). American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Environment Federation (WEF).
- COMITÉ MULTISECTORIAL ENCARGADO DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO (ENFEN). (2017). Informe Técnico Enfén. Año 3, N° 05, mayo, 55 p.
- DEAN, W. E. (1974). Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss ignition: Comparison with other meth-

- ods. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44(1), 242-248. <https://doi.org/10.1306/74D729D2-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM [Ministerio del Ambiente]. Por el cual aprueban los Estándares Nacionales de Calidad (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. 7 de junio de 2017. D.O. N° 1529835-2. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/3671-004-2017-minam>
- ESCOBAR, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar* (Serie Recursos Naturales e Infraestructura N° 50). Naciones Unidas. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/6411-la-contaminacion-rios-sus-efectos-areas-costeras-mar>
- GILBERT J. (2008). Avances y tendencias en fitoplancton tóxico y biotoxinas, actas de la IX Reunión Ibérica sobre Fitoplancton Tóxico y Biotoxinas, Cartagena 7-10 de mayo de 2007. Universidad Politécnica de Cartagena. 350pp.
- IMARPE. (2014). Anuario científico tecnológico IMARPE 2013. *Anu cient tecnol IMARPE*, 13, 5-211. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/2298>
- IMARPE. (2015). Anuario científico tecnológico IMARPE 2014. *Anu cient tecnol IMARPE*, 14, 5-241. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/2933>
- IMARPE. (2016). Anuario científico tecnológico IMARPE 2015. *Anu cient tecnol IMARPE*, 15, 5-255. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3062>
- IMARPE. (2017). Anuario científico tecnológico IMARPE 2016. *Anu cient tecnol IMARPE*, 16, 5-274. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3180>
- MCQUAKER, N. R. (Compilador). (1976). *Environmental Laboratory Water Resources Service*. A laboratory manual for the chemical analysis of waters, wastewaters sediments and biological tissues. Second edition. Vancouver, B.C.
- MORÓN, O. (2000). Características del ambiente marino frente a la costa peruana. *Bol Inst Mar Perú*, 19(1-2), 179-204. <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/152>
- PRODUCE. (2008). *Guía para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para la Actividad de Consumo Humano Indirecto Harina y Aceite de Pescado*. <https://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/-1/Gu%EF%BF%BDa%20EIASd%20Harina%20y%20Aceite%20de%20Pescado.pdf>
- PRODUCE. (2016). *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2015*. <https://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2015.pdf>
- REBAZA CASTILLO, V., ESCUDERO HERRERA, L. ALFARO MUDARRA, S. OROZCO MOREYRA, R. CAMPOS RIVAS, M. VÁSQUEZ RUIZ, C. & LLANOS LINARES, J. (2019). Calidad del ambiente marino costero de La Libertad, Perú. Junio 2016. *Inf Inst Mar Perú* 46(2), 194-235. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3341>
- REBAZA, V., TRESIERRA, A., ALFARO, S. & VÁSQUEZ, C. (2013). El ambiente marino costero de la Región La Libertad, 2010. *Inf Inst Mar Perú*, 40(3-4). 187-239. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/2241>
- STRICKLAND, J. D. H. & PARSON, T. R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis* (Bulletin n° 167, 2°ed.). Fisheries Research Board of Canada. <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-1791>