

CALIDAD DEL AMBIENTE MARINO COSTERO DE LA LIBERTAD, PERÚ. AGOSTO-OCTUBRE 2021

QUALITY OF THE COASTAL MARINE ENVIRONMENT OF LA LIBERTAD, PERU (AUGUST-OCTOBER 2021)

Víctor Rebaza Castillo¹

Santos Alfaro Mudarra¹

Jonatan Correa Acosta¹

Rita Orozco Moreyra²

Martin Campos Rivas¹

RESUMEN

REBAZA CASTILLO, V., ALFARO MUDARRA, S., CORREA ACOSTA, J., OROZCO MOREYRA, R. & CAMPOS RIVAS, M. (2024). *Calidad del ambiente marino costero de La Libertad, Perú. Agosto-octubre 2021. Inf Inst Mar Perú, 51(2), 204-229.* Entre agosto y octubre 2021 se monitoreó la zona marina costera de Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco, Salaverry y Puerto Morín con el objetivo de determinar e identificar los indicadores de contaminación física, química, microbiológica y caracterizar la comunidad macro bentónica del ambiente marino. El ambiente oceanográfico fue Cálido Débil, las aguas costeras frías (acf) estuvieron mezcladas con las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). La cantidad de oxígeno y pH superficial de la submareal e intermareal, fueron propicias para efectuar actividades de recreación, cultivo y extracción de peces y algas comestibles, así como para la conservación del ambiente acuático. Las intermareales de Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco, Salaverry y Puerto Morín presentaron baja calidad acuática debido a las actividades antrópicas, aportes de aguas continentales, materiales orgánicos y coliformes, incumpliendo el DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM, 2017. La contaminación fecal se extendió a la submareal de Huanchaco, afectando las actividades de extracción y cultivo de peces y algas comestibles, así como las actividades de recreación poblacional. El suco y la lorna, capturadas en las zonas de pesca de Huanchaquito y El Loro en Pacasmayo, presentaron altas concentraciones de cadmio, cobre y mercurio, de acuerdo a las normas de Chile, Nueva Zelanda y Alemania Occidental; en el caso de cangrejo violáceo capturado en Tres Palos, indica riesgo a la salud de acuerdo con la norma de Chile y Venezuela. El caracol de la zona de pesca de la isla Guañape presentó cadmio y cobre en concentraciones que sobrepasaron la norma de Chile. Los poliquetos cuentan con mayor representatividad en abundancia y densidad total. En Malabrigo alcanzaron 73%: *Capitella* sp., *Glycera* sp., *Magelona* sp.; en Huanchaco 76%: *Capitella* sp., *Magelona* sp., *Owenia fusiformis*, *Leitoscoloplos* sp., *Lagis koreni*, y en Salaverry 90%, fue para *Capitella* sp., *Lagis koreni*, *Magelona* sp., *Nephtys ferruginea*, *Owenia fusiformis*. Salaverry mostró mayor contaminación, seguido de Huanchaco y Malabrigo, asimismo, se evidenció el incumplimiento de la norma peruana e internacional, y la afectación ecológica estuvo relacionada con el grado de contaminación del agua y sedimento.

PALABRAS CLAVE: contaminación, cadmio, cobre, macro bentónica, *Capitella* sp.

ABSTRACT

REBAZA CASTILLO, V., ALFARO MUDARRA, S., CORREA ACOSTA, J., OROZCO MOREYRA, R. & CAMPOS RIVAS, M. (2024). *Quality of the coastal marine environment of La Libertad, Peru (August-October 2021). Inf Inst Mar Peru, 51(2), 204-229.* During the period spanning August to October 2021, an extensive monitoring effort was conducted along the coastal marine regions of Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco, Salaverry, and Puerto Morín. The primary aim was to discern and assess various indicators of physical, chemical, and microbiological contamination while also undertaking a comprehensive characterization of the macrobenthic community within these marine environments. The prevailing oceanographic conditions during this timeframe were categorized as Warm/Weak, with the presence of cold coastal waters (ccw) intermingling with Subtropical Surface Waters (SSW). Notably, oxygen levels and surface pH within the subtidal and intertidal zones were found to be conducive to a range of activities, including recreational pursuits, the culture and extraction of fish, and the harvesting of edible algae. This environmental backdrop also lent itself favorably to the overall preservation of aquatic habitats. However, despite these promising conditions, the intertidal zones of Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco, Salaverry, and Puerto Morín exhibited a concerning decline in water quality. This decline was attributed to a combination of anthropogenic activities, inflows of continental waters, organic pollutants, and coliform contamination, thereby resulting in a violation of the mandates outlined in Supreme Decree No. 004-2017-MINAM, 2017. Of particular note was the extension of fecal contamination into the subtidal zone of Huanchaco, which significantly impacted both the extraction and cultivation of marine resources, as well as recreational activities for local populations. Further analysis revealed elevated levels of cadmium, copper, and mercury in certain marine species, such as *Paralonchurus peruanus* and *Sciaena deliciosa*, caught in the fishing grounds of Huanchaquito and El Loro in Pacasmayo, surpassing established standards set by Chile, New Zealand, and West Germany. Similarly, the presence of *Platyxanthus orbigny* in Tres Palos raised considerable health concerns in accordance with regulatory guidelines from Chile and Venezuela. Meanwhile, snails harvested from the fishing zone of Guañape Island were found to contain

1 Instituto del Mar del Perú. Laboratorio Costero Huanchaco. vrebaza@imarpe.gob.pe

2 Instituto del Mar del Perú, Sede central

cadmium and copper concentrations that exceeded accepted thresholds as per Chilean standards. In terms of biodiversity, polychaetes emerged as a dominant presence, displaying significant abundance and density levels across the surveyed regions. Notably, Malabrigo recorded a composition of 73% polychaetes, including species such as *Capitella* sp., *Glycera* sp., *Magelona* sp. In comparison, Huanchaco and Salaverry exhibited even higher percentages, with 76% and 90% respectively, showcasing a diverse array of species including *Capitella* sp., *Magelona* sp., *Owenia fusiformis*, *Leitoscoloplos* sp., *Lagis koreni*, *Nephtys ferruginea*, and *Owenia fusiformis*. Of particular concern was the escalated contamination levels observed in Salaverry, followed closely by Huanchaco and Malabrigo. These findings underscored a significant breach of both Peruvian and international environmental regulations, with ecological integrity suffering as a direct consequence of heightened water and sediment contamination levels.

KEYWORDS: contamination, cadmium, copper, macrobenthic, *Capitella* sp.

1. INTRODUCCIÓN

Entre los servicios que brindan los ecosistemas marinos costeros destacan el ser fuente de alimentación, principalmente para los países en desarrollo, proveer valor paisajístico y protección a las especies, entre otros (LOPER *et al.*, 2008).

Las actividades humanas en tierra causan el 75% de la contaminación marina, similar porcentaje de la población mundial habita en las costas, especialmente en zonas urbanas, y el 90% de los contaminantes llega al mar a través de los ríos (ESCOBAR, 2002).

“Cada una de las últimas tres décadas ha sido sucesivamente más caliente en la superficie terrestre que cualquier década anterior desde 1850” (IPCC, 2014). Este calentamiento por el aumento de gases de efecto invernadero está generando directa e indirectamente la pérdida de oxígeno y el aumento de acidez en el mar. Estas tendencias aún no son totalmente entendidas en el mar peruano. La cercanía al ecuador y la presencia de una zona de mínima de oxígeno que inicia a baja profundidad y áreas de afloramiento costero son factores que podrían hacer responder al sistema marino peruano de manera distinta al escenario global (CARDICH *et al.*, 2021).

Los metales trazas presentan concentraciones relativamente elevadas en los sedimentos superficiales de las zonas costeras alteradas por el hombre y guardan relación entre su concentración, el tamaño de las partículas y la cantidad de materia orgánica sedimentaria, que alteran el equilibrio ecológico y biogeoquímico del ecosistema (SANDIQ, 1992). En tal sentido, la determinación de metales en los sedimentos es importante para descartar la toxicidad y manejar los impactos que estos pueden producir en la biota marina y en la salud de los consumidores a lo largo de las cadenas tróficas.

En la zona marina de La Libertad se ubican bancos naturales de invertebrados marinos y zonas de pesca (ALFARO *et al.*, 2016; ALFARO *et al.*, 2017) en donde se desarrolla una importante actividad pesquera artesanal, ejercida por alrededor de 3000 pescadores formales e informales. Se identificaron 31 especies de macroalgas marinas siendo *Chondracanthus chamissoi* (yuyo) y *Gracilariopsis lemaneiformis* (pelillo) de importancia económica. En invertebrados marinos se identificaron 69 especies, de las cuales 68 especies son costeras y una es oceánica *Dosidicus gigas* (pota). De las especies costeras, nueve son de importancia comercial: *Platyanthus orbigny* (cangrejo violáceo), *Stramonita chocolata* (caracol negro), *Octopus mimus* (pulpo), *Argopecten purpuratus* (concha de abanico), *Semele solida* y *S. corrugata* (almeja), *Emerita analoga* (muy muy), *Pattalus mollis* (pepino de mar), *Donax* sp. (palabritas). Se identificaron 112 especies de peces, 89 de ellas corresponden a peces óseos y 23 a cartilagosos (DE LUCIO *et al.*, 2013).

En los distritos de Trujillo, Buenos Aires, Salaverry, Huanchaco, Malabrigo, Santiago de Cao, Pacasmayo y Puerto Morín se desarrollan actividades socioeconómicas como minería, agroindustria, industria pesquera, curtiembres, industria papelería y actividades portuarias con embarcaciones de pequeño y gran calado; asimismo, se generan aguas servidas urbanas que son vertidas al mar sin previo tratamiento. Además, las playas de La Libertad son lugares de recreación, por lo que deben ser monitoreadas para evitar el riesgo a la salud de las personas que las utilizan y preservar la calidad de los productos que extraen los pescadores artesanales de estas zonas.

En tal sentido, el laboratorio costero de IMARPE en Huanchaco, en coordinación con las Direcciones Generales de Investigación en Acuicultura e Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático de la sede central realizó esta investigación,

que permitió evaluar parámetros físicos, químicos y biológicos en el agua, sedimento y organismos marinos con el propósito de obtener información actualizada y oportuna sobre los niveles de contaminación y sugerir a las autoridades, las medidas de acción para evitar que continúe el deterioro del ecosistema marino costero en la Región La Libertad.

El objetivo de estas investigaciones fue conocer los efectos de la contaminación marina costera en el ecosistema de Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco y Salaverry, entre agosto y octubre 2021 para difundirla a la comunidad pesquera artesanal, industrial, turística, científica y autoridades con el propósito de planificar actividades de mitigación y recuperación del ecosistema marino costero. Otro de los objetivos fue caracterizar la composición del macrobentos del ecosistema marino costero de Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco y Salaverry.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

ZONAS Y ESTACIONES DE MUESTREO

Se evaluaron las zonas submareales e intermareales de Malabrigo, Huanchaco y Salaverry, así como la intermareal de Pacasmayo, Puerto Morín y en la cuenca baja de los ríos Jequetepeque, Moche y Virú (Fig. 1).

Pacasmayo, se establecieron cinco estaciones en la zona intermareal y tres en la cuenca baja del río Jequetepeque; donde, por un lado, se desarrollan actividades de pesca artesanal (Junco Marino, muelle artesanal), turismo y deportes acuáticos (El Faro) y por otro, confluyen al mar aguas residuales municipales y del río Jequetepeque (Fig. 2).

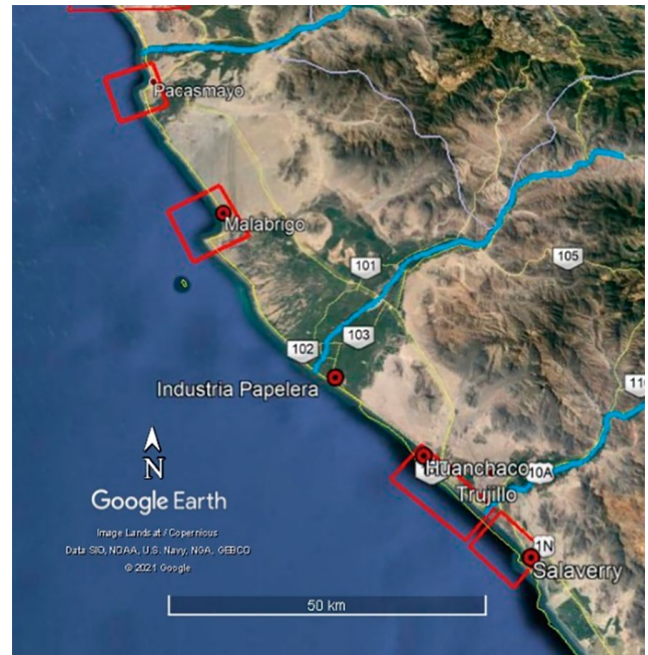


Figura 1.- Zonas de muestreo en Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco y Salaverry, agosto 2021



Figura 2.- Estaciones de muestreo en la zona intermareal y en el río Jequetepeque, Pacasmayo, agosto 2021

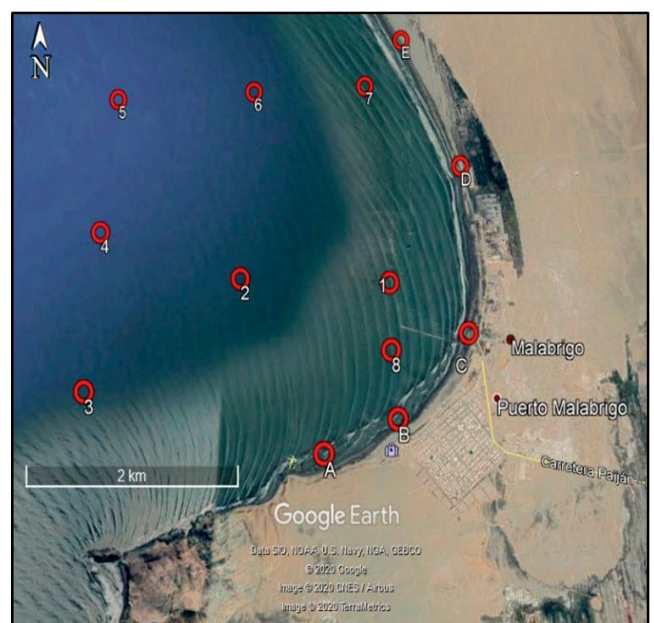


Figura 3.- Posición geográfica de las estaciones de muestreo en el mar: zona submareal y mar somero en playas, Malabrigo, agosto 2021



Figura 4.- Estaciones de muestreo en el mar, zona submareal e intermareal y cuenca baja del río Moche, Huanchaco, agosto 2021

Malabrigo, las estaciones establecidas fueron ocho en la zona submareal y cinco en la zona intermareal, donde coexisten las actividades de pesca industrial y artesanal, recreativas y deportivas (Fig. 3).

Huanchaco, se establecieron ocho estaciones en la zona submareal y seis en la zona intermareal (mar somero) de la zona costera de los distritos de Huanchaco y Víctor Larco de la provincia de Trujillo; se complementó la información con tres estaciones en la cuenca baja del río Moche (Fig. 4).

Salaverry, se establecieron ocho estaciones en la zona submareal y seis en la intermareal (mar somero). En la zona costera, se desarrolla intensa actividad portuaria con el embarque y desembarque de minerales e hidrocarburos. También coexisten la pesca artesanal con flota costera y de altura, y playas recreativas como Uripe, Las Delicias y Salaverry (Fig. 5).

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA

Trabajo a bordo

En la superficie marina y a un metro del fondo se midió la temperatura con un termómetro de mercurio con resolución de 0,1 °C. La transparencia fue medida empleando un disco Secchi. El contenido de oxígeno disuelto y pH fue medido a bordo. Se recolectaron muestras de superficie con un balde de plástico de 10 li-

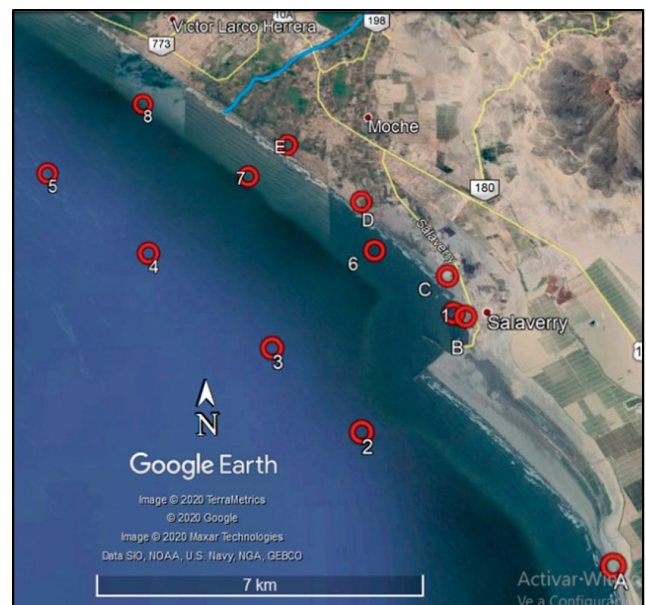


Figura 5.- Estaciones de muestreo en la zona submareal e intermareal, Salaverry, agosto 2021

tros de capacidad, y las muestras de fondo con una botella Niskin de cinco litros de capacidad para estudiar salinidad, nutrientes, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales, aceites - grasa y coliformes. Las muestras de sedimentos para determinar la materia orgánica total y el macrobentos fueron recolectadas con una draga van Veen y preservadas a bordo con hielo.

Trabajo de laboratorio y gabinete

Las determinaciones físicas, químicas y microbiológicas se basaron en los siguientes métodos:

- Método titulométrico de Winkler modificado por CARRIT y CARPENTER (1966) para determinación de oxígeno
- Método APHA-AWWA-WEF (CLESCERI *et al.*, 1998) para determinar: demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos y el método de tubos múltiples (número más probable) para medir coliformes.

El potencial de hidronio se determinó con un multiparámetro *SevenGo Duo* de Mettler Toledo.

La temperatura superficial (en el balde) se registró con un termómetro de mercurio y la de fondo con un termómetro de inversión.

Los análisis geoquímicos de materia orgánica total se efectuaron siguiendo a DEAN (1974).

El análisis granulométrico se efectuó con seis tamices marca Retsch GmbH. Los tamaños de malla en mm fueron 2; 1; 0,50; 0,250; 0,125 y 0,063.

Para medir las concentraciones de metales pesados en recursos hidrobiológicos, cangrejo violáceo, caracoles, suco, lorna se contrataron los servicios de un laboratorio acreditado por INACAL.

Análisis de los resultados según normas nacional e internacional

Considerando que las estaciones de muestreo se ubicaron en zonas donde se identificó un banco natural de cangrejo violáceo y áreas de pesca artesanal, principalmente de lisa *Mugil cephalus* y lorna *Sciaena deliciosa*, para analizar la calidad del ambiente marino costero se empleó en la zona submareal e intermareal (playas), lo establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM, 2017 (este D.S. que aprueba los Estándares Nacionales de Calidad, para más adelante se considerará como ECA) considerando la categoría 2, subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (peces principalmente), subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras; categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E3: Ecosistemas marinos y costeros. Además, para las playas se compararon con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua: categoría 1-B1: Poblacional y recreacional, subcategoría B1: Contacto primario del mismo D.S.

Para evaluar la calidad ambiental de la cuenca baja del río Moche se emplearon los estándares de calidad ambiental de agua (ECA): categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1: Riego de vegetales, y categoría 4 para la conservación del ambiente acuático, subcategoría E2: Ríos, costa y sierra (D.S. N° 004-2017-MINAM, 2017).

También se utilizó la Norma internacional: *Compilation of legal for hazardous substances and Fisher products* (NAUEN, 1983)

Caracterización de la composición del macrobentos del ecosistema marino costero

Las muestras de sedimento fueron colectadas con una draga van Veen. La separación, identificación taxonómica y recuento de las diferentes especies e individuos a niveles taxonómicos progresivamente inferiores se realizó con claves taxonómicas y un estereomicroscopio. Los ejemplares de cada especie fueron contados para obtener datos de abundancia numérica de las diferentes especies de invertebrados o formas diferentes contenidas en las muestras analizadas. La información sobre valores de abundancia numérica permitió realizar los análisis estadísticos descriptivos, univariados y gráficos de las comunidades biológicas.

Zooplankton e ictioplankton

El material biológico provino de la prospección de calidad ambiental durante noviembre del 2019, ejecutado a bordo de la L/C Don Paco. Se colectó ocho muestras por zona, obteniendo 24 muestras. Se utilizó una red WP2 de 30 cm de diámetro de boca, cuya malla tuvo 100 micras de abertura. Se realizaron lances verticales con la lancha detenida desde 10 metros de profundidad hacia la superficie. Las muestras se preservaron en formaldehído al 2%.

La determinación de biovolúmenes de zooplankton se realizó empleando el método por desplazamiento (KRAMER *et al.*, 1972). Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras, dependiendo de la abundancia de las especies algunas fueron contadas en el total de la muestra y otras se debieron contar en una fracción, por sus altos niveles de abundancia. Los resultados se expresaron en número de individuos/m³.

3. RESULTADOS

INDICADORES FÍSICOS

Malabrigo

Sólidos suspendidos totales. En superficie la concentración aumentó hacia el noroeste, presentó isolíneas de 50 a 130 mg/L. A nivel subsuperficial, los valores crecieron con distribución similar, isolíneas de 130 a 370 mg/L.

En ambos niveles de profundidad, la concentración de sólidos suspendidos totales afectó las actividades de extracción, los cultivos de especies hidrobiológicas en aguas marino costeras y la conservación del ambiente acuático, estipuladas en los ECA (Fig. 6).

Corrientes marinas. En superficie predominaron flujos con proyección hacia el noroeste y

la velocidad de flujo fue variable de 7,7 a 20,3 cm/s, considerada de intensidad moderada. Por otro lado, los flujos más intensos se ubicaron al noroeste de la bahía y estuvo relacionado con la intensificación del régimen del campo de viento. En el nivel subsuperficial, se ubicaron flujos con velocidad de 6,0 a 12,5 cm/s, de condición moderada. Asimismo, el comportamiento de flujos denotó un vórtice de giro ciclónico (Fig. 7).

Huanchaco

En superficie la concentración aumentó hacia el noroeste, ensenada de Huanchaco, presentó isolíneas de 50 a 170 mg/L. Cabe destacar que, entre el colector PTAR y playa Huanchaquito predomina la isolínea de 50 mg/L. A nivel subsuperficial, los valores bajaron y se concentraron hacia mar afuera de la playa Huanchaquito, con isolíneas de 40 a 110 mg/L.

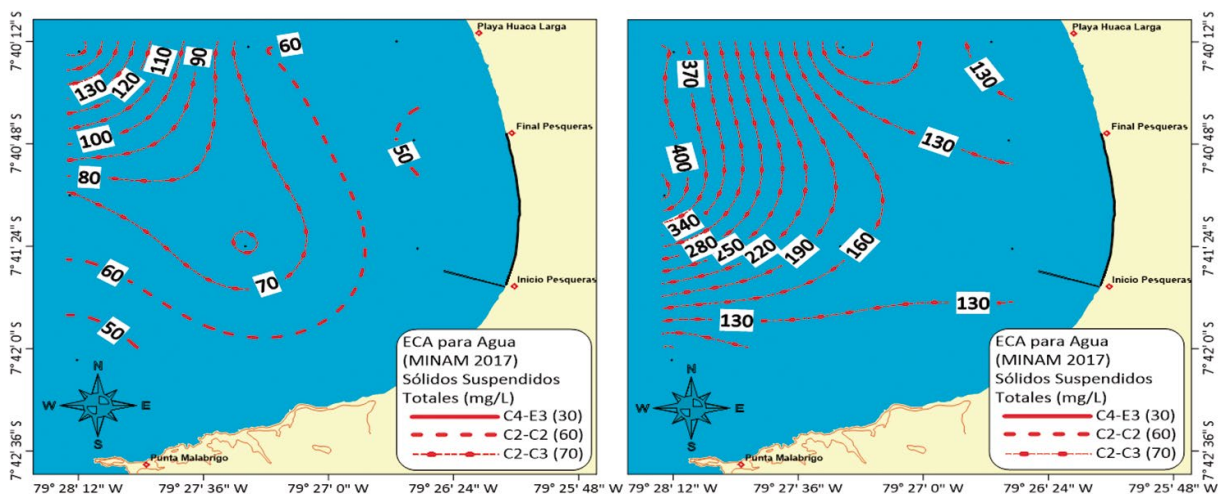


Figura 6.- Distribución de sólidos suspendidos totales en superficie y zona subsuperficial del mar, Malabrigo, agosto 2021

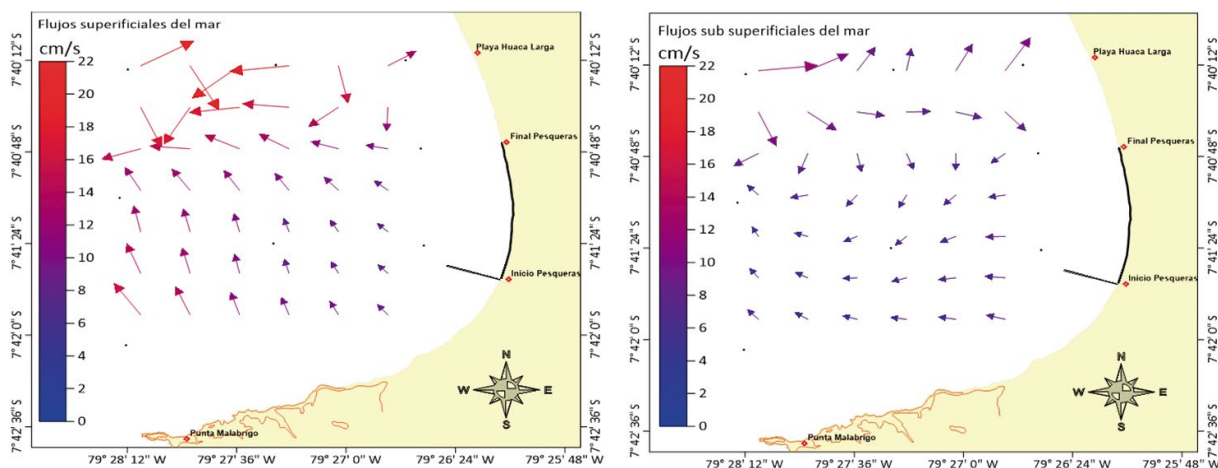


Figura 7.- Corrientes marinas superficiales y subsuperficiales, Malabrigo, agosto 2021

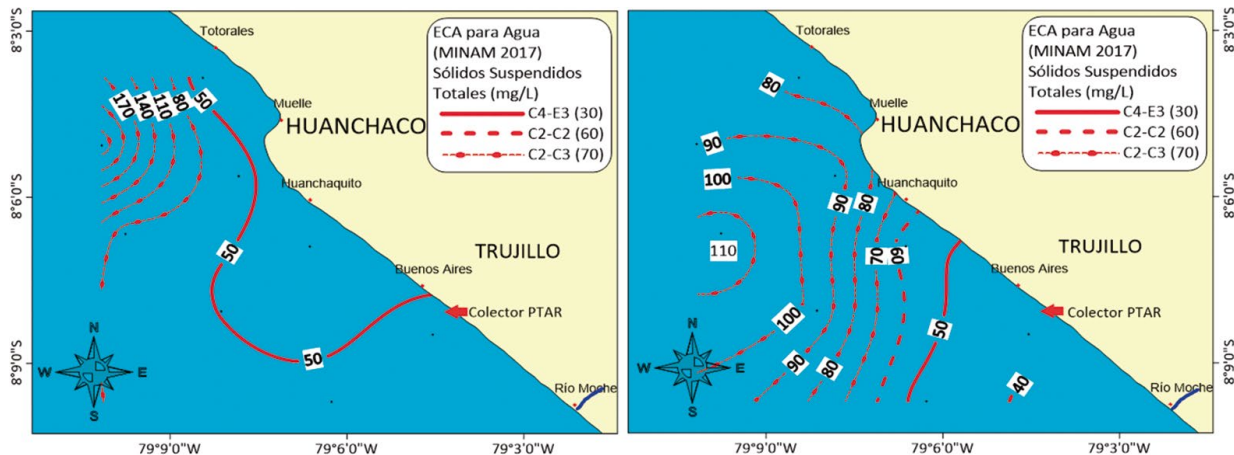


Figura 8.- Distribución de sólidos suspendidos totales en la superficie y subsuperficie del mar, Malabrigo, agosto 2021

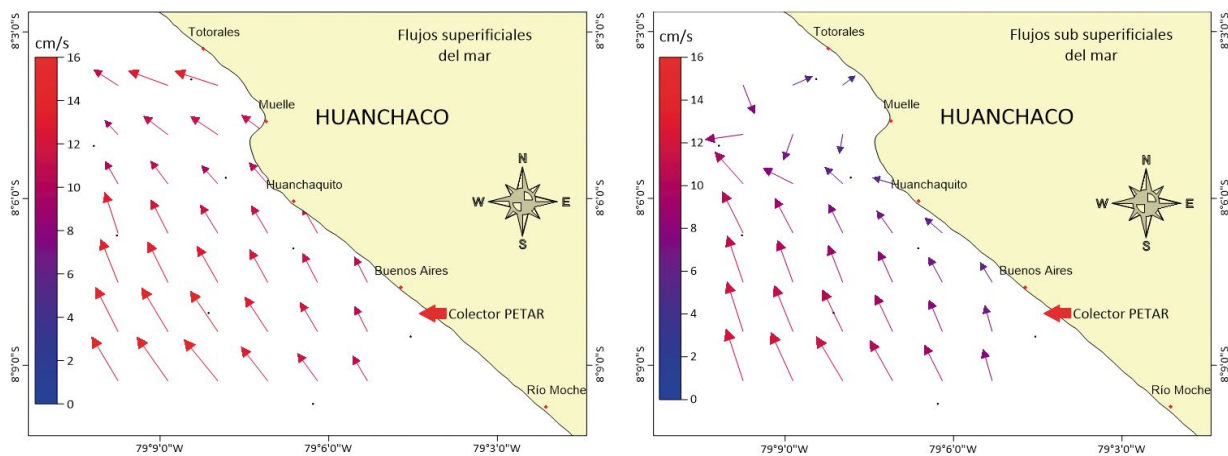


Figura 9.- Corrientes marinas superficiales y subsuperficiales, Huanchaco, agosto 2021

En ambos niveles de profundidad la concentración de sólidos suspendidos totales afectó las actividades de extracción, los cultivos de especies hidrobiológicas en aguas marino costeras y la conservación del ambiente acuático, estipuladas en los ECA (Fig. 8).

Corrientes marinas. En el nivel superficial, predominaron flujos con proyección hacia el noroeste, perfilando en paralelo a la línea de costa, con cierto giro anticiclónico, principalmente en el interior de la ensenada y la velocidad de flujo fue de 7,9 a 15,2 cm/s, con promedio de 11,7 cm/s, considerado de intensidad moderada. En el nivel subsuperficial, se registraron flujos con predominio hacia el noroeste y con giro ciclónico hacia el interior de la ensenada. La velocidad de flujo fue de 4,4 a 11,6 cm/s de consideración débil.

En ambos niveles de profundidad los flujos de mayor intensidad se ubicaron en el margen oceánico de la playa Buenos Aires (Fig. 9).

Salaverry

Sólidos suspendidos totales. En superficie la concentración aumentó hacia el norte de la playa Las Delicias, presentó isolíneas de 10 a 100 mg/L. En la ensenada de Salaverry los valores fueron menores a 30 mg/L. A nivel subsuperficial, los valores se concentraron hacia mar afuera de la playa Las Delicias, con isolíneas de 40 a 160 mg/L.

En ambos niveles de profundidad, la concentración de sólidos suspendidos totales afectó las actividades de extracción, los cultivos de especies hidrobiológicas en aguas marino costeras y la conservación del ambiente acuático, estipuladas en los ECA (Fig. 10).

Corrientes marinas. Entre Salaverry y río Moche se perfilan flujos en paralelo a la línea de costa, con proyección hacia el noroeste obedeciendo la configuración del perfil de costa. Por otro lado, los flujos a la cuadra de Uripe se proyectaron

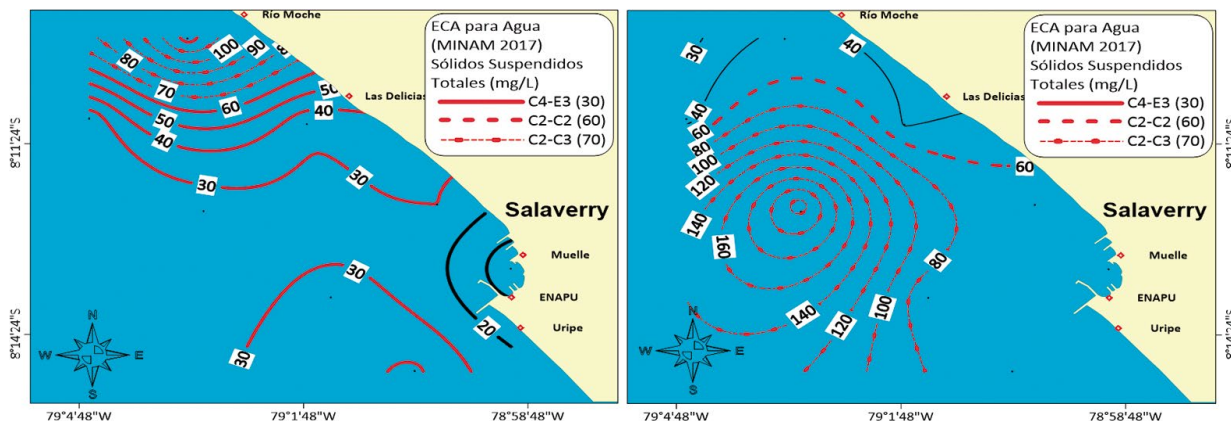


Figura 10.- Distribución de sólidos suspendidos totales en la superficie y subsuperficie del mar, Salaverry, agosto 2021

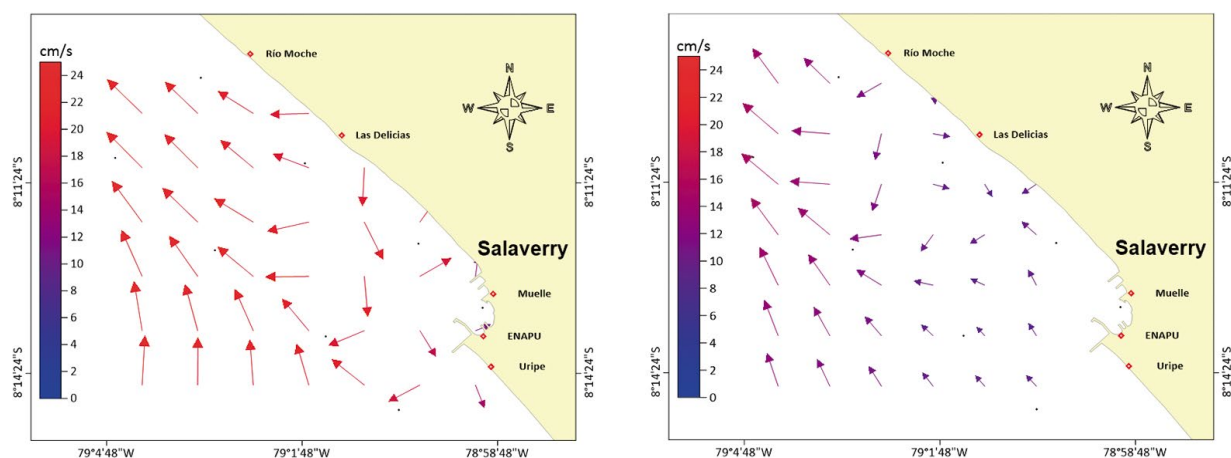


Figura 11.- Corrientes marinas superficiales y subsuperficiales, Salaverry, agosto 2021

en forma ciclónica hacia el interior de la rada. La velocidad de la corriente varió de 9,4 a 24,7, considerada de intensidad fuerte. El comportamiento de la corriente marina subsuperficial, denotó flujos predominantes con proyección hacia el noroeste, con giro ciclónico al noreste, principalmente frente a las Delicias. La velocidad de la corriente marina en este nivel, varió de 8,6 a 15,8 y considerada de intensidad moderada (Fig. 11).

INDICADORES QUÍMICOS

Malabrigo

Oxígeno y pH. El oxígeno disuelto superficial varió con las isoxígenas de 3,5 a 5,0 mg/L, en tanto que, la concentración aumentó hacia el borde costero de la ensenada. Mientras que, a nivel subsuperficial oscilaron de 2,0 a 4,5 mg/L y se concentró hacia la playa Huaca Larga.

Las isolíneas de potencial de hidrógeno en superficie oscilaron de 7,67 a 7,70; la alcalinidad au-

mentó hacia el litoral marino costero; en la subsuperficie la alcalinidad fluctuó con isolíneas de 7,56 a 7,71.

El potencial de hidrógeno en ambos niveles de profundidad cumplió los ECA. En cambio, la hipoxia imperó en el nivel subsuperficial, afectando las actividades de extracción, cultivos de especies hidrobiológicas en aguas marino costeras y la conservación del ambiente acuático, estipuladas en los estándares de calidad ambiental para agua (D. S. N° 004-2017-MINAM, 2017) (Figs. 12, 13).

Aceites y grasas. A nivel superficial la concentración de aceites y grasas presentó isolíneas de 0,8 a 1,2 mg/L, los valores aumentaron hacia la playa, frente al extremo norte del sector de las plantas pesqueras industriales. Todos los puntos muestreados estuvieron acordes con las actividades de extracción, cultivos de especies hidrobiológicas en aguas marino costeras y la conservación del ambiente acuático, estipuladas en los estándares de calidad ambiental para agua (Fig. 14).

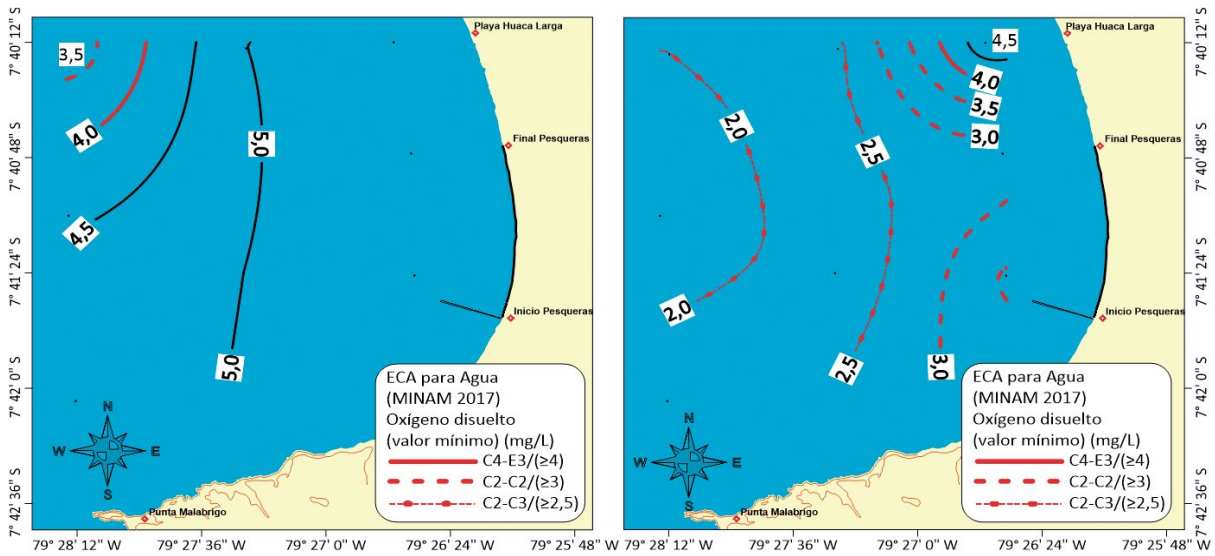


Figura 12.- Distribución del oxígeno superficial y subsuperficial del mar, Malabrigo, agosto 2021

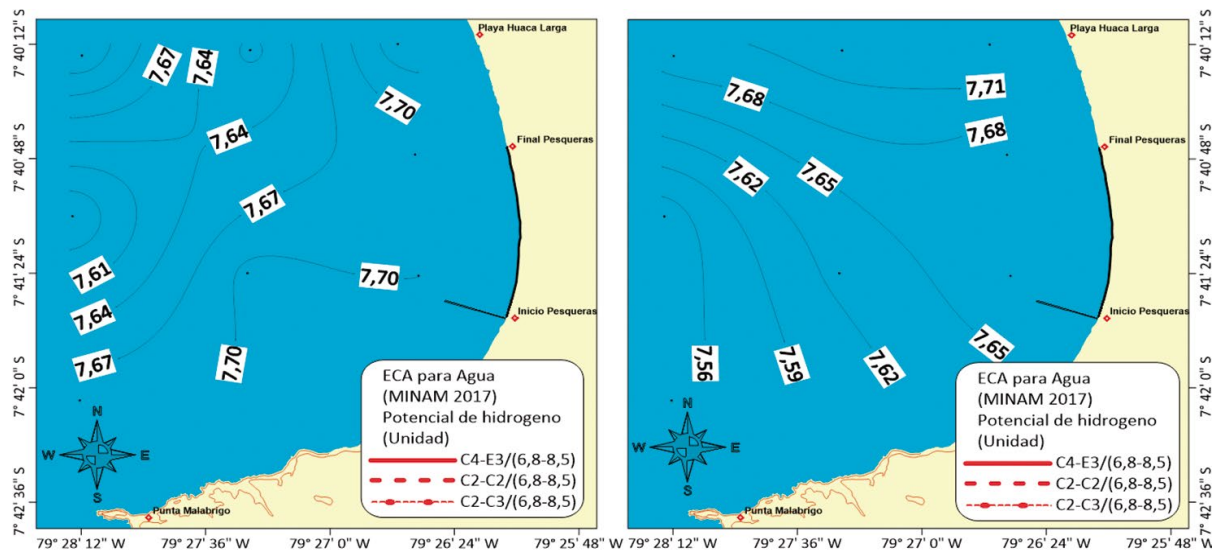


Figura 13.- Distribución del potencial de hidrógeno superficial y subsuperficial del mar, Malabrigo, agosto 2021

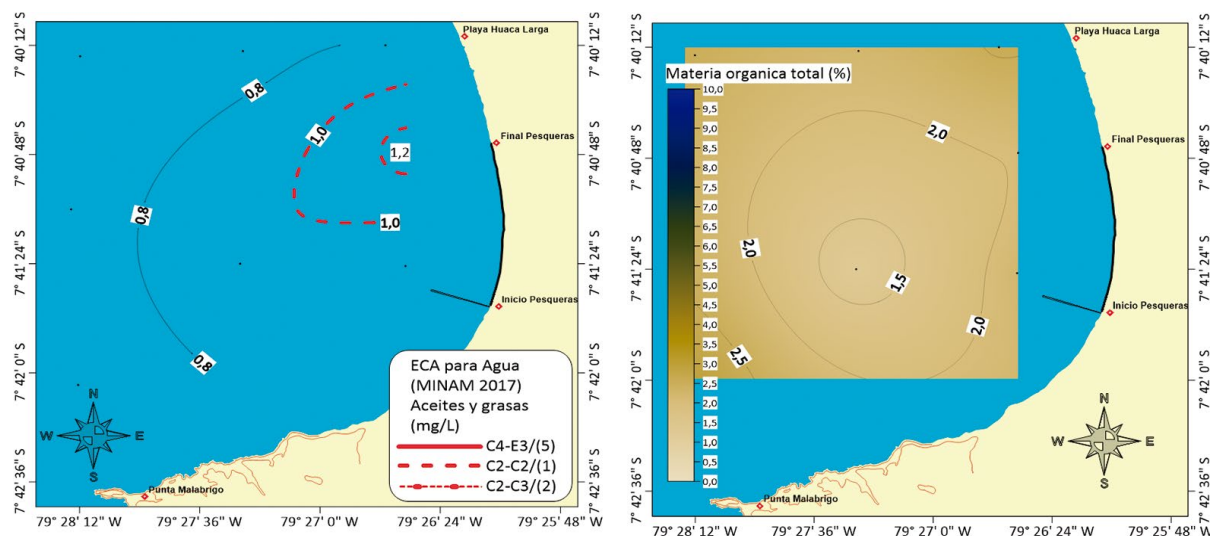


Figura 14.- Distribución de aceites y grasas en la superficie marina, Malabrigo, agosto 2021

Figura 15.- Distribución de materia orgánica total del sedimento, Malabrigo, agosto 2021

Materia orgánica total. La materia orgánica total en el sedimento superficial marino presentó distribución concéntrica, isóneas de 1,5 a 2,5%, hacia el centro de la ensenada, mostró oxigenación adecuada, sin olor a sulfuros, y estuvo conformada por arena fina compacta y restos de conchuela (Fig. 15).

Huanchaco

Oxígeno y pH. El oxígeno disuelto superficial presentó isóxigenas de 5 a 6,5 mg/L. Al norte de Huanchaquito aumentó hacia mar afuera, mientras que, disminuyó al sur de Huanchaquito. En tanto que, a nivel subsuperficial oscilaron de 0,3 a 0,7 mg/L, el menor valor fue registrado en la playa Huanchaquito (Fig. 16).

Las isóneas de potencial de hidrógeno en superficie oscilaron de 7,54 a 7,64, la alcalinidad disminuyó hacia el margen oceánico de los Totorales. En la subsuperficie marina se hallaron isóneas de 7,54 a 7,62 unidad. En ambos niveles de profundidad, el potencial de hidrógeno disminuyó de sur a norte y no

afectó las actividades de extracción, los cultivos de especies hidrobiológicas en aguas marino costeras y la conservación del ambiente acuático, estipuladas en los estándares de calidad ambiental para agua. En cambio, el contenido de oxígeno en el nivel subsuperficial, afectó las actividades de extracción, los cultivos de especies hidrobiológicas y la conservación del ambiente acuático, establecidas en los estándares de calidad ambiental para agua (Figs. 16, 17).

Aceites y grasas. A nivel superficial la concentración de aceites y grasas aumentó entre Huanchaquito y la desembocadura del río Moche, con isóneas perpendiculares a la costa de 1,0 a 2,5 mg/L; en tanto que, frente a la ensenada de Huanchaco la concentración se incrementó hacia mar afuera, isóneas de 1,0 a 1,5 mg/L. La mínima de aceites y grasas fue la isónea de 0,5 mg/L que fue hallada frente a Huanchaquito. Los niveles encontrados afectaron las actividades de extracción y cultivos de especies hidrobiológicas, las actividades portuarias y la conservación del ambiente acuático, establecidas en los estándares de calidad ambiental para agua (Fig. 18).

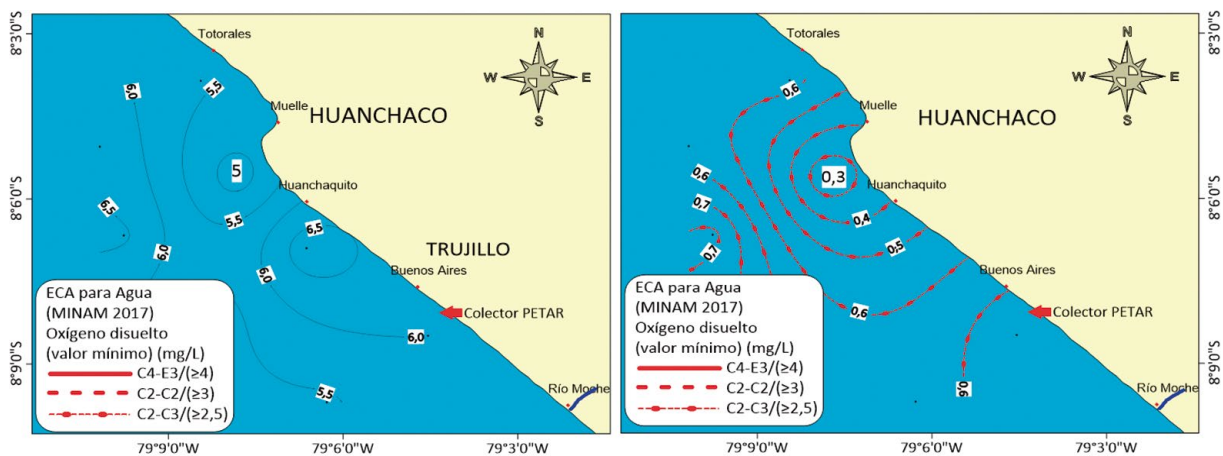


Figura 16.- Distribución del oxígeno superficial y subsuperficial del mar, Huanchaco, agosto 2021

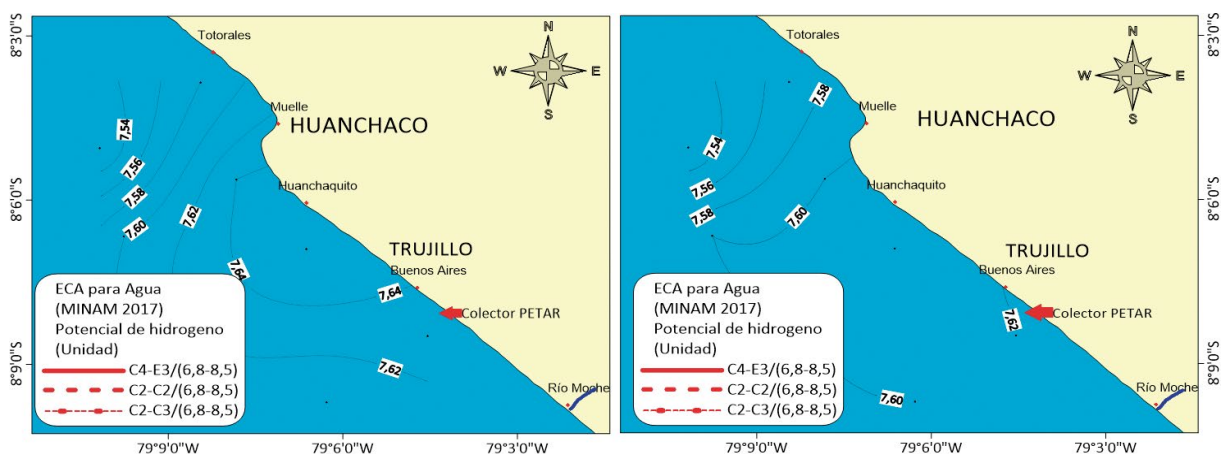


Figura 17.- Distribución del potencial de hidrógeno superficial y subsuperficial del mar, Huanchaco, agosto 2021

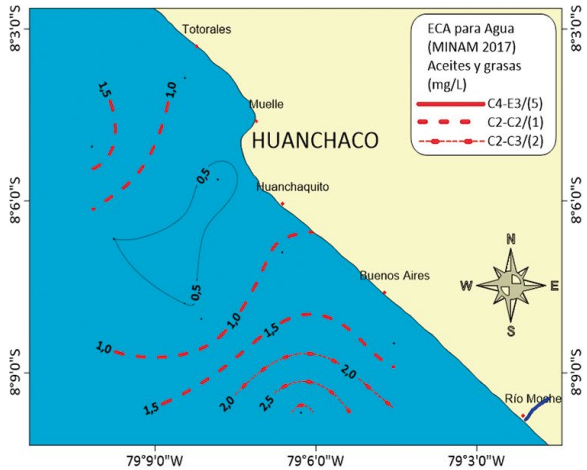


Figura 18.- Distribución y concentración de aceites y grasas en superficie marina, Huanchaco, agosto 2021

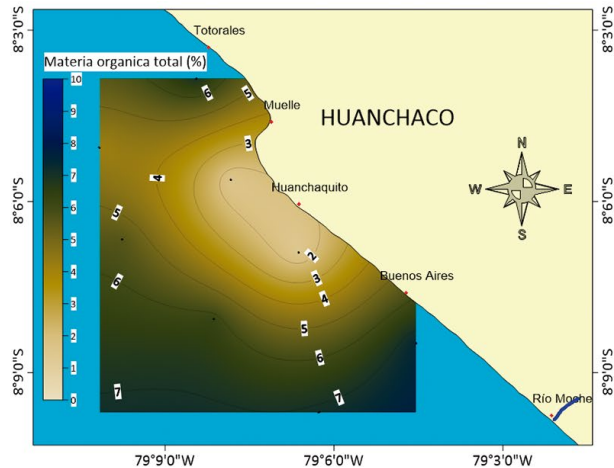


Figura 19.- Distribución de la materia orgánica total del sedimento, Huanchaco, agosto 2021

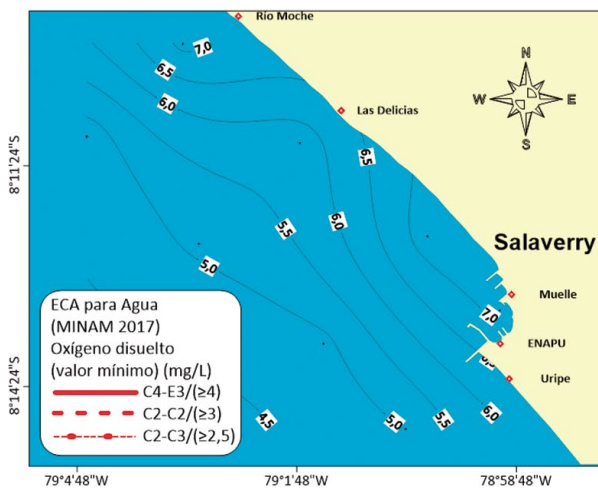
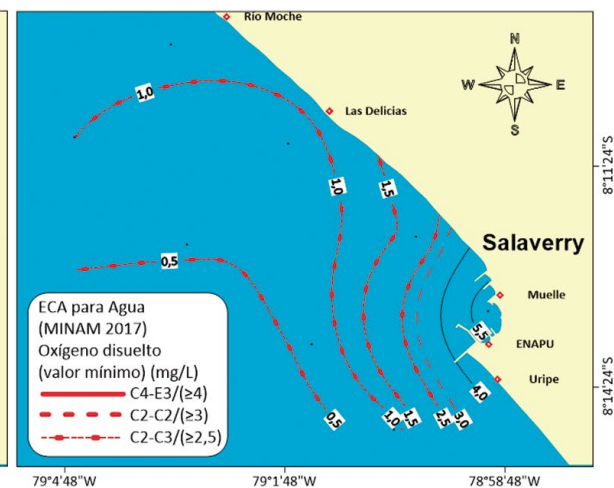


Figura 20.- Distribución de oxígeno superficial y subsuperficial del mar, Salaverry, agosto 2021



Materia orgánica total. El sedimento superficial marino presentó fracciones de materia orgánica total de 2 a 7%; en la mayor parte del área, el sedimento estuvo formado por arena y fango con moderado olor a sulfuros. El sedimento hipóxico se encontró en la desembocadura de río Moche, playa Buenos Aires, la ensenada de Huanchaco y por fuera de 0,5 mn de todo el borde costero evaluado; mientras que, el sedimento oxigenado fue hallado hasta 1 mn, de la playa Huanchaquito, conformado por arena gruesa y fina, sin olor a sulfuros (Fig. 19).

Salaverry

Oxígeno y pH. El oxígeno disuelto en la superficie marina fluctuó con las isoxígenas de 4,5 a 7,0 mg/L, en tanto que a nivel subsuperficial fue de 0,5 a 5,5 mg/L. En ambos niveles, disminuyó ha-

cia mar afuera y los promedios fueron 5,88 y 1,62 mg/L para cada nivel de profundidad. El potencial de hidrógeno en superficie varió con las isolíneas de 7,65 a 7,80 unidad y en la subsuperficie con isolíneas de 7,64 a 7,74 unidad. El potencial de hidrógeno en ambos niveles de profundidad cumplió los ECA; sin embargo, el oxígeno disuelto en la subsuperficie marina afectó las actividades establecidas en los ECA (Figs. 20, 21).

Aceites y grasas. La superficie marina presentó contaminación por aceites y grasas, se detectaron valores mayores a 0,5 mg/L, que generó isolíneas de 0,5 a 1,5 mg/L. Los valores se incrementaron hacia la ensenada de Salaverry en donde se desarrollan actividades portuarias y de pesquería artesanal, la contaminación abarcó 1,0 mn mar afuera de la costa, sobrepasaron la Categoría 2, Sub Categoría 2 de los ECA (Fig. 22).

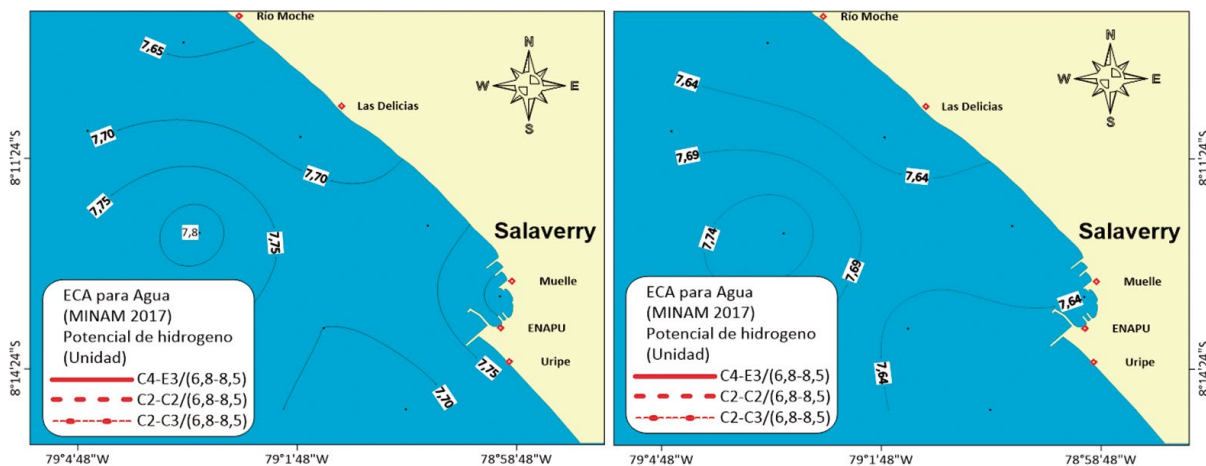


Figura 21.- Distribución del potencial de hidrógeno superficial y subsuperficial del mar, Salaverry, agosto 2021

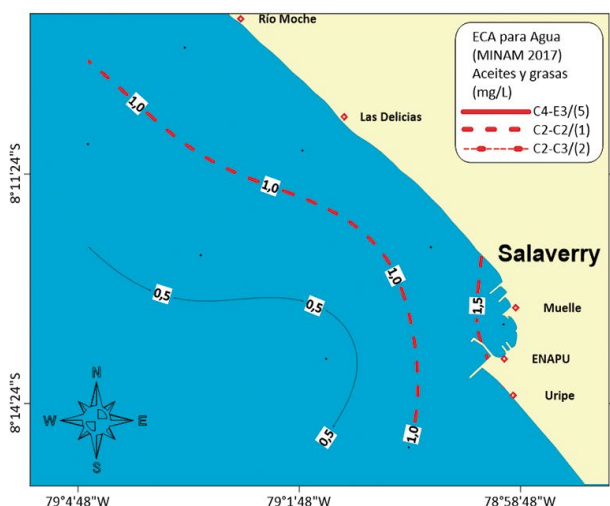


Figura 22.- Distribución de aceites y grasas en superficie marina, Salaverry, agosto 2021

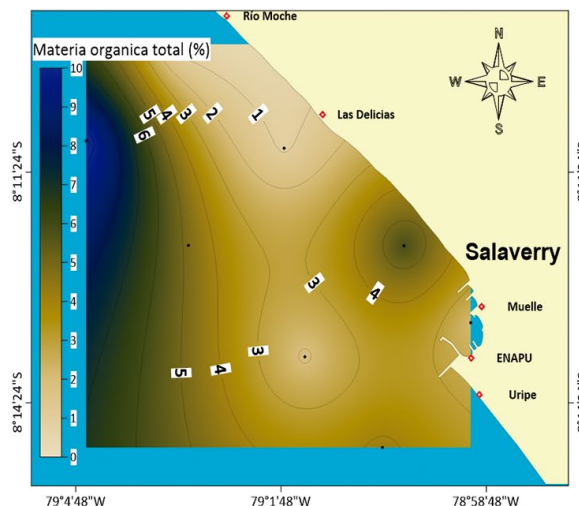


Figura 23.- Distribución de la materia orgánica total del sedimento, Salaverry, mayo 2019

Materia orgánica total. El sedimento superficial marino presentó contenido de materia orgánica total con las isolíneas de 1 a 6%; valores menores a 3% se distribuyeron hasta 1,0 mn frente a Las Delicias. Porcentajes mayores a 4%, se hallaron frente a Salaverry y por fuera de las 2 mn de costa, estuvo compuesto principalmente por fango y con fuerte olor a sulfuros (Fig. 23).

Metales pesados

En julio y agosto se colectaron seis muestras de pescado, tres de lorna, tres de suco; cuatro de caracol negro y dos de cangrejo violáceo, capturado en Huanchaco, Pacasmayo, isla Guañape y Tres Palos, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1.- Concentración de metales pesados en Huanchaquito, Huanchaco y Pacasmayo, agosto 2021

Muestra	Especie	Fecha captura	Zona de pesca
Muestra 1-L1	Lorna	4/08/2021	Huanchaco
Muestra 2-L2	Lorna	4/08/2021	Huanchaco
Muestra3-S1	Suco	4/08/2021	Huanchaco
Muestra 4-S2	Suco	4/08/2021	Huanchaco
Muestra 5-S3	Suco	28/05/2021	Pacasmayo
Muestra 6-L3	Lorna	31/08/2021	Pacasmayo
Muestra 1-C	Caracol	22/07/2021	Isla Guañape
Muestra 2-C	Caracol	22/07/2021	Isla Guañape
Muestra 3-C	Caracol	22/07/2021	Isla Guañape
Muestra 4-C	Caracol	22/07/2021	Isla Guañape
Muestra 1-Cg	Cangrejo violáceo	18/08/2021	Tres Palos
Muestra 2-Cg	Cangrejo violáceo	18/08/2021	Tres Palos

Al revisar las muestras de pescado con metales pesados se observó que, en Pacasmayo se halló la menor y mayor concentración de cadmio, 0,008 mg/kg en lorna y 0,019 mg/kg en suco. El cobre en Huanchaco presentó valores homogéneos, en tanto que, en Pacasmayo alcanzó 0,53 mg/kg en lorna. Los niveles de mercurio fueron menores a 0,06 mg/kg. El contenido de cadmio, cobre y mercurio estuvieron acorde con las Normas de Chile, Nueva Zelanda y Alemania Occidental (Tabla 2).

Comparando las muestras de caracol negro procedentes de la isla Guañape y los metales pesados, se observó que el contenido de cadmio y cobre sobrepasaron las Normas de Chile, Venezuela, Nueva Zelanda y Alemania (Tabla 3).

Respecto a las muestras de cangrejos violáceo, procedentes de Tres Palos, se observó que, la muestra 1 presentó cadmio y cobre que sobrepasaron las Normas de Chile y Venezuela (Tabla 4).

Tabla 2.- Concentración de metales pesados en pescado comparado con normas de Chile, Nueva Zelanda y Alemania

Metales (mg/kg)	Huanchaco		Huanchaco		Pacasmayo		Chile	Nueva Zelanda	Alemania
	Muestra 1-L1	Muestra 2-L2	Muestra 3-S1	Muestra 4-S2	Muestra 5-S3	Muestra 6-L3			
Cadmio	0,013	0,009	0,013	0,013	0,019	0,008	0,05	1	0,5
Cobre	0,286	0,289	0,241	0,265	0,236	0,53	10	30	
Mercurio	<0,01	0,032	0,014	0,01	0,039	0,057		0,5	1

Chile: todos productos comestibles
 Nueva Zelanda: peces y productos pesqueros
 Alemania: peces
 Fuente: NAUEN (1983)

Tabla 3.- Concentración de metales pesados en moluscos comparado con normas de Chile, Venezuela, Nueva Zelanda y Alemania

Metales (mg/kg)	Isla Guañape		Isla Guañape		Chile	Venezuela	Nueva Zelanda	Alemania
	Muestra 1-C	Muestra 2-C	Muestra 3-C	Muestra 4-C				
Cadmio	9,44	201	10,8	219	0,05	0,1	2	1
Cobre	9,67	17	11,8	20	10	10	70	30
Mercurio	<0,01	0,013	<0,01	0,022		0,1	0,5	0,5

Chile: todos productos comestibles
 Venezuela: moluscos y crustáceos
 Alemania: moluscos
 Nueva Zelanda: peces y productos pesqueros
 Fuente: Fuente: NAUEN (1983)

Tabla 4.- Norma de concentración de metales pesados en crustáceos para Chile, Venezuela, Nueva Zelanda y Alemania Occidental

Metales (mg/kg)	Tres Palos		Chile	Venezuela	Australia	Nueva Zelanda
	Muestra 1-Cg	Muestra 2-Cg				
Cadmio	0,076	0,028	0,05	0,1	2	1
Cobre	11,4	9,77	10	10	70	30
Mercurio	0,057	0,033		0,1	0,5	0,5

Chile: todos productos comestibles
 Venezuela: moluscos y crustáceos
 Alemania: moluscos
 Nueva Zelanda: peces y productos pesqueros
 Fuente: Fuente: NAUEN (1983)

Indicadores microbiológicos

Malabrigo

Coliformes totales, termo tolerantes y demanda bioquímica de oxígeno

Las aguas marinas superficiales no presentaron contaminación por coliformes. Las concentraciones de coliformes totales y termotolerantes fueron menores a 6 NMP/100 mL que generaron isolíneas de 2 a 6 NMP/100 mL, la tendencia fue creciente hacia la costa. La demanda bioquímica de oxígeno presentó isolíneas de 1,25 y 1,50 mg/L, ascendencia hacia mar adentro. No se presentaron valores que sobrepasaran los ECA (Figs. 24, 25).

Huanchaco

Coliformes totales, termotolerantes y demanda bioquímica de oxígeno

La concentración de coliformes totales y termotolerantes en la superficie afectaron las actividades de extracción, cultivo y otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras, establecidas en la Categoría 2, Sub Categoría 2 del ECA, la contaminación por coliformes termotolerantes se centró en el borde costero de Huanchaco y Huanchaquito, con isolíneas de 50 a 200 NMP/100 mL. La demanda bioquímica de oxígeno mostró isolíneas perpendiculares a costa de 1,2 a 1,6 mg/L, las concentraciones aumentaron hacia la desembocadura del río Moche. La DBO no presentó afectación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (Figs. 26, 27).

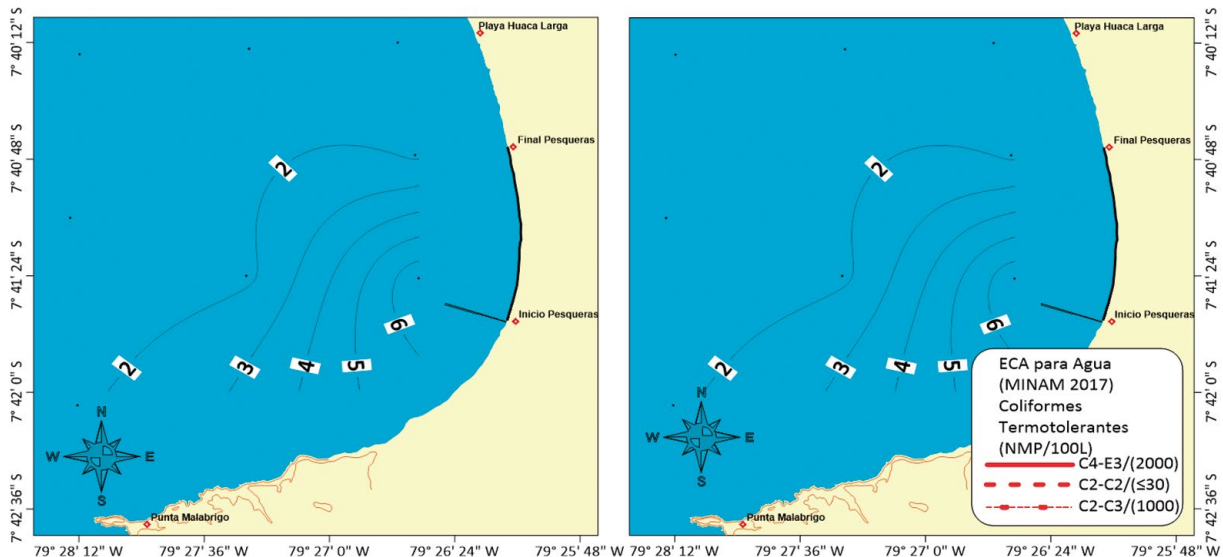


Figura 24.- Distribución de coliformes totales y termotolerantes en la superficie marina, Malabrigo, agosto 2021

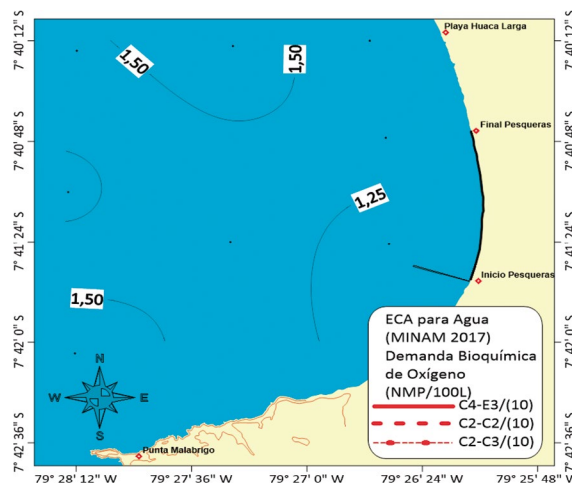


Figura 25.- Distribución de demanda bioquímica de oxígeno en superficie marina, Malabrigo, agosto 2021

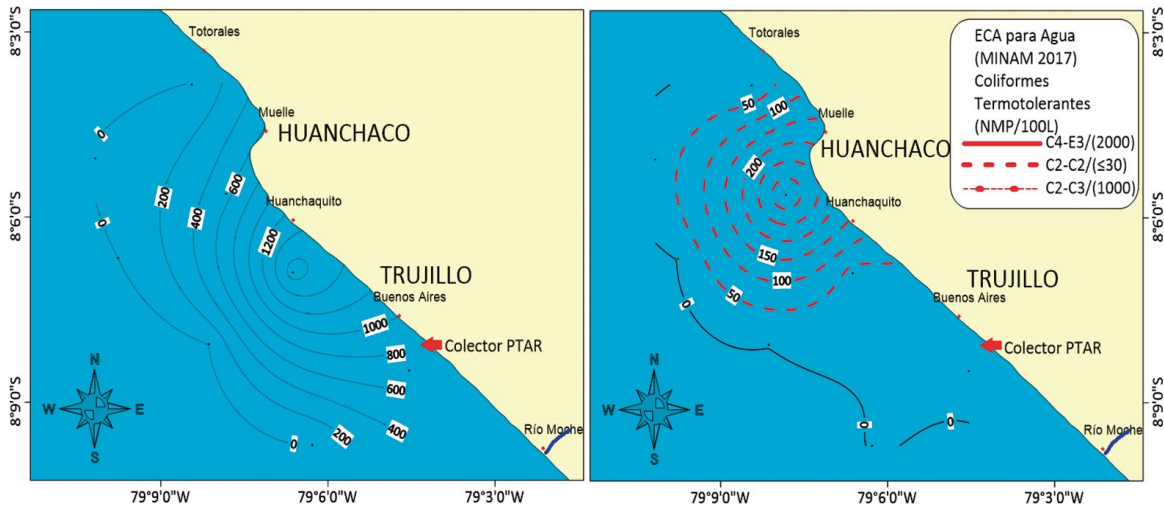


Figura 26.- Distribución de coliformes totales y termotolerantes en superficie, Huanchaco, agosto 2021

Salaverry

Coliformes totales, termotolerantes y demanda bioquímica de oxígeno

La concentración de coliformes totales y termotolerantes en la superficie marina afectaron las actividades de extracción, cultivo y otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras, establecidas en la Categoría 2, Sub Categoría 2 los Estándares de Calidad Ambiental; la contaminación por coliformes termotolerantes se centró en el borde costero de Huanchaco y Huanchaquito, con isolíneas de 50 a 200 NMP/100 mL. La demanda bioquímica de oxígeno mostró isolíneas perpendiculares a costa de 1,2 a 1,6 mg/L, las concentraciones aumentaron hacia la desembocadura del río Moche. La DBO no presentó afectación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (Figs. 28, 29).

INDICADORES MACROBENTÓNICOS

Malabrigo

Se registraron 19 especies, distribuidas en siete grupos taxonómicos. La estación con mayor abundancia fue E5 con 146 individuos. La mayor representatividad en abundancia y densidad total fueron los poliquetos con 405 ind/m² (56,6%) dominando *Glycera* sp. y *Capitella* sp.; así mismo, hubo cuatro clases que presentaron la densidad más baja (Tabla 5, Figs. 30, 31).

En el análisis clúster se observó la formación de dos grupos, con probabilidad superior al 55% de

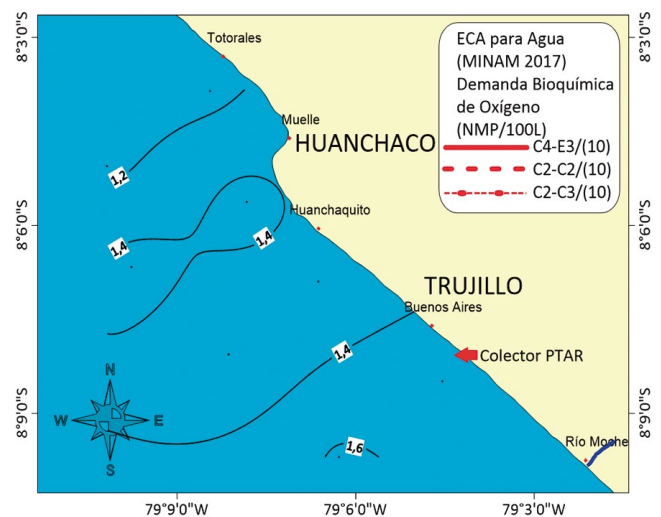


Figura 27.- Distribución de Demanda Bioquímica de Oxígeno en superficie, Huanchaco, agosto 2021

encontrar densidades y número de especies similares entre estaciones, así mismo las estaciones del grupo “b” presentaron mayor similitud en las E2 y E3 (70%), debido a que se registró presencia de la mayoría de los grupos taxonómicos descritos, en densidades y especies similares.

Huanchaco

Se registraron 16 especies, distribuidas en seis grupos taxonómicos. La estación con mayor abundancia fue E5 con 241 individuos. La mayor representatividad en abundancia y densidad total fue el grupo Poliqueto con 810 ind/m² (40,5%) la dominancia estuvo representada por *Lagis koreni* y *Capitella* sp.; así mismo, la especie con menor densidad *Chione* sp. con 3 ind/m² (Tabla 6, Fig. 32).

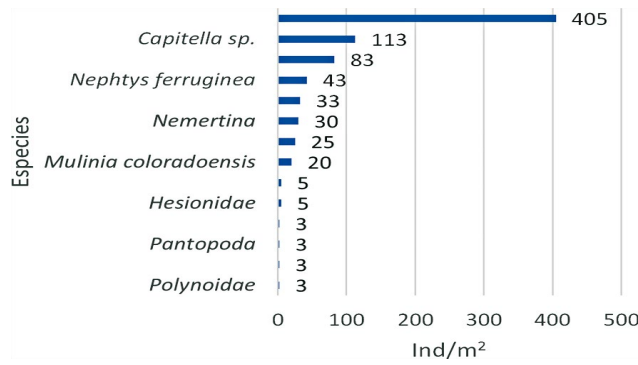


Figura 30.- Densidad total de bentos en Malabrigo, octubre 2021

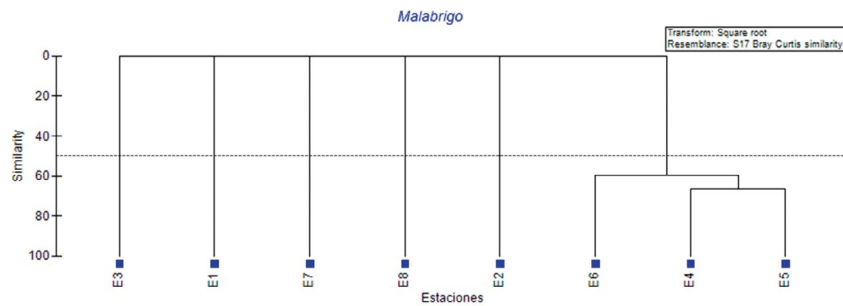


Figura 31.- Dendrograma de similitud de bentos por estaciones, Malabrigo, octubre 2021

Tabla 6.- Composición de bentos, Huanchaco, octubre 2021

Clase	Especies	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Total	%	Densidad (ind/m ²)
Poliquetos	<i>Capitella sp.</i>	1	9	0	0	87	7	4	0	108	25,78	270
Poliquetos	<i>Magelona sp.</i>	0	13	0	0	46	18	0	0	77	18,38	193
Poliquetos	<i>Orbinidae</i>	0	0	0	0	6	0	0	0	6	1,43	15
Poliquetos	<i>Owenia fusiformis</i>	0	0	0	0	38	0	0	0	38	9,07	95
Poliquetos	<i>Pherusa plumosa</i>	0	0	12	0	0	0	0	0	12	2,86	30
Poliquetos	<i>Hesionidae</i>	0	0	0	0	0	4	0	0	4	0,95	10
Poliquetos	<i>Lagis koreni</i>	0	0	0	0	0	27	0	0	27	6,44	68
Poliquetos	<i>Leitoscoloplos sp.</i>	0	0	0	0	10	41	0	1	52	12,41	130
Bivalvia	<i>Chione sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,24	3
Bivalvia	<i>Mulinia coloradoensis</i>	6	3	10	0	1	0	8	0	28	6,68	70
Nemertea	<i>insertae cedis Nemertina</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0,48	5
Phoronida	<i>Phoronida</i>	0	0	0	0	53	0	0	3	56	13,37	140
Malacostraca	<i>Pinnixa sp</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0,48	5
Gasteropodos	<i>Sinum cymba</i>	1	0	0	0	0	2	0	0	3	0,72	8
Gasteropodos	<i>Xanthochorus buxeus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,24	3
Gasteropodos	<i>Nassarius wilsoni</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0,48	5
Total		9	26	24	0	241	100	12	7	419		1048

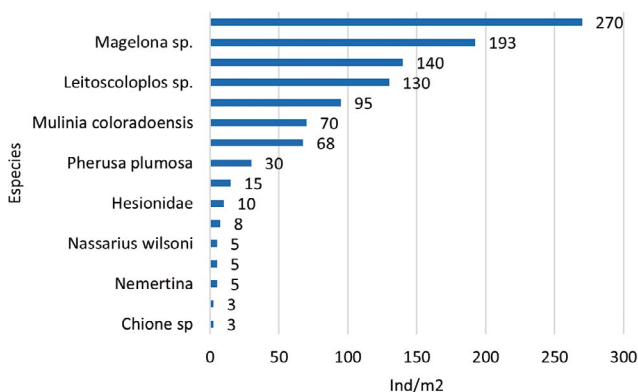


Figura 32.- Densidad total de bentos, Huanchaco, octubre 2021

En el análisis clúster se observó la formación de un grupo, con probabilidad superior al 50% de encontrar densidades y número de especies similares entre estaciones, así mismo las E2 y E7 presentaron mayor similitud (80%).

Salaverry

Se registraron 10 especies, distribuidas en tres grupos taxonómicos. La estación con mayor abundancia fue E3 (194 individuos). La mayor

representatividad en abundancia y densidad total fue el grupo Poliqueto con 309 ind/m²; donde la dominancia estuvo representada por *Lowenia fusiformis* (149 ind/m²) y la especie con menor densidad fue *Pagurus* sp. (1 ind/m²) (Tabla 7).

Composición de zooplancton e ictioplancton

La biodiversidad del zooplancton e ictioplancton fue variada caracterizándose 15 grupos taxonómicos. El grupo Copepoda fue el más abundante (4.805.449 Ind/m³) seguido del grupo Chordata (439.059 Ind/m³). La zona más abundante fue Malabrigo (1.926.420 Ind/m³) (Tabla 8).

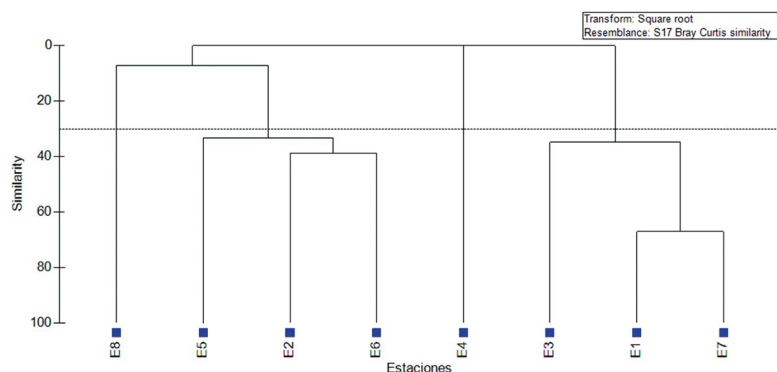


Figura 33.- Dendrograma de similitud de bentos por estaciones, Huanchaco, octubre 2021

Tabla 7.- Composición de bentos Salaverry, octubre 2021

Clase	Especies	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Total	%	Densidad (ind/m ²)
Poliquetos	<i>Capitella</i> sp.	0	0	62	2	0	0	0	0	64	19,28	160
Poliquetos	<i>Lagis koreni</i>	0	0	0	12	0	2	0	0	14	4,22	35
Poliquetos	<i>Magelona</i> sp.	0	0	48	0	0	0	0	0	48	14,46	120
Poliquetos	<i>Nephtys ferruginea</i>	31	0	0	0	0	0	0	0	31	9,34	78
Poliquetos	<i>Owenia fusiformis</i>	65	0	84	0	0	0	0	0	149	44,88	373
Bivalvia	<i>Mulinia coloradoensis</i>	10	0	0	0	6	0	1	0	17	5,12	43
Gasteropodos	<i>Nassarius wilsoni</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,30	3
Gasteropodos	<i>Natica</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,30	3
Gasteropodos	<i>Sinum cymba</i>	0	0	0	0	6	0	0	0	6	1,81	15
Malacostraca	<i>Pagurus</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,30	3
Total		109	0	194	14	12	2	1	0	332	100	830

Tabla 8.- Composición y abundancias de los grupos taxonómicos determinados en el monitoreo de calidad ambiental frente al litoral de La Libertad, agosto 2021

GRUPOS	MALABRIGO		HUANCHACO		SALAVERRY		TOTAL X GRUPO
	Ind/m ³	%	Ind/m ³	%	Ind/m ³	%	
Amphipoda	8	66.7	4	33.3	0	0.0	13
Annelida	624	11.4	4117	75.4	722	13.2	5462
Arthropoda	6897	26.1	8798	33.3	10742	40.6	26437
Brachiopoda	4	100.0	0	0.0	0	0.0	4
Bryozoa	174	50.6	64	18.5	106	30.9	344
Chaetognatha	42	58.8	17	23.5	13	17.6	72
Chordata	268258	61.1	148582	33.8	22218	5.1	439059
Cnidaria	280	14.4	518	26.6	1146	59.0	1944
Copepoda	1649563	34.3	1348502	28.1	1807385	37.6	4805449
Crustacea	0	0.0	30	87.5	4	12.5	34
Ctenophora	0	0.0	115	31.4	250	68.6	365
Echinodermata	123	93.5	0	0.0	8	6.5	132
Foraminifera	229	0.1	166917	99.7	327	0.2	167473
Mollusca	212	24.9	289	33.8	352	41.3	853
Phoronida	4	100.0	0	0.0	0	0.0	4
Total general	1926420		1677952		1843273		5447645

Los grupos más abundantes fueron Arthropoda, Chordata, Copepoda y Foraminífera. Las mayores abundancias se obtuvieron debido a los estadios de desarrollo determinados para cada uno de los grupos. Los estadios más abundantes fueron copepoditos de Cyclopoida y Calanoida (Tabla 9).

Malabrigo fue la zona con mayor representatividad de Appendicularias (61,1%), con adultos de Harpacticoida (68,0%) y larvas de peces (76,6%). En cambio, Salaverry tuvo representación con salpas (66,7%), estadios cypriis (60,3%) y zoeas de Brachyura (47,8%). Los Foraminíferos tuvieron un 99,7% caracterizando solo a Huanchaco.

ZONA INTERMAREAL

Pacasmayo

La temperatura superficial del mar varió de 16,5 a 18,0 °C, el oxígeno disuelto fluctuó de 8,3 a 10,0 mg/L (Tabla 10). El pH fue ligeramente alcalino (7,84 a 7,96). Los sólidos suspendidos totales estuvieron en un rango de 51,5 a 92,5 mg/L. La temperatura, oxígeno disuelto y potencial de hidrógeno cumplieron los ECA. Los sólidos suspendidos totales en todas las estaciones de muestreo superaron las Categorías 2, Subcategoría C2: Extracción cultivos y otras actividades marino costeras y continentales; y, Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras (Tabla 11, Fig. 34).

Tabla 9.- Composición y abundancia de grupos taxonómicos importantes frente al litoral de La Libertad, agosto 2021

GRUPO	CLASE	ESTADIOS	MALABRIGO		HUANCHACO		SAAVERRY		TOTAL X ESTADIO
			Ind/m ³	%	Ind/m ³	%	Ind/m ³	%	
ARTHROPODA	Brachyura	zoea	208	24.4	238	27.9	407	47.8	853
	Cirripedia	cipriis	1014	24.5	628	15.2	2500	60.3	4142
	Cirripedia	nauplio	5657	26.5	7911	37.0	7818	36.6	21386
	Euphausiacea	caliopsis	0	0.0	17	100.0	0	0.0	17
	Euphausiacea	furcilia	8	40.0	4	20.0	8	40.0	21
	Isopoda	adulto	4	50.0	0	0.0	4	50.0	8
	Isopoda	juvenil	4	100.0	0	0.0	0	0.0	4
CHORDATA	Appendicularia	adulto	267660	61.1	148387	33.9	21908	5.0	437955
	Pisces	huevo	246	38.7	136	21.3	255	40.0	637
	Pisces	larva	348	76.6	59	13.1	47	10.3	454
	Salpida	adulto	4	33.3	0	0.0	8	66.7	13
COPEPODA	Calanoida	adulto	22744	54.4	8208	19.6	10823	25.9	41775
	Calanoida	copepodito	275724	25.6	341092	31.7	460695	42.8	1077510
	Cyclopoida	adulto	198629	43.5	156264	34.2	101965	22.3	456859
	Cyclopoida	copepodito	515623	30.9	481309	28.9	670058	40.2	1666989
	Harpacticoida	adulto	216	68.0	51	16.0	51	16.0	318
	No determinado	nauplio	344928	39.3	226780	25.8	306973	34.9	878682
Siphonostomastoida	adulto	291698	42.7	134798	19.7	256820	37.6	683316	
FORAMINIFERA	No determinado	adulto	229	0.1	166917	99.7	327	0.2	167473

Tabla 10.- Temperatura superficial del mar (TSM) y oxígeno disuelto (OD) en playas de Malabrigo, comparado con los ECA, septiembre 2021

Pacasmayo	TSM	Salinidad	Oxígeno	ECA - Oxígeno disuelto (mg/L)			
Estación	(°C)	(ups)	(mg/L)	C1:B1	C2:C2	C2:C3	C4:E3
A	16,5	34,811	9,3	≥5	≥3	≥2,5	≥4
B	16,8	34,869	8,6	≥5	≥3	≥2,5	≥4
C	17,6	33,192	8,3	≥5	≥3	≥2,5	≥4
D	17,5	34,669	8,9	≥5	≥3	≥2,5	≥4
E	18,0	35,012	10,0	≥5	≥3	≥2,5	≥4

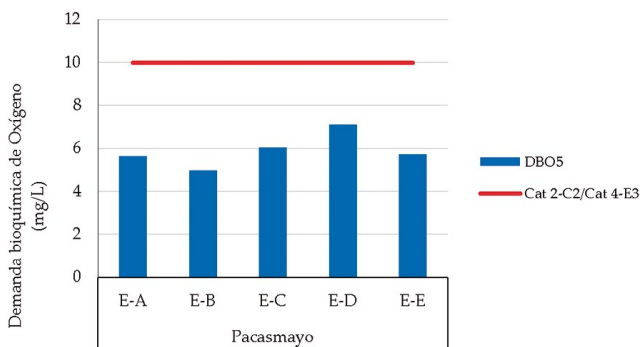


Figura 34.-Demanda bioquímica de oxígeno en superficie en intermareal de Pacasmayo, comparado con los ECA, agosto 2021

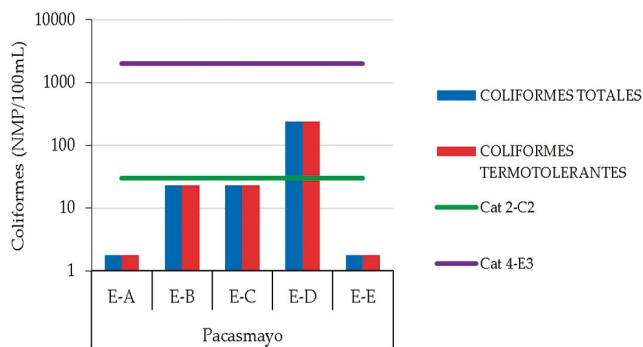


Figura 35.- Coliformes totales y termotolerantes en superficie en playas de Pacasmayo, comparado con los ECA, agosto 2021

La contaminación microbiológica fue detectada frente al Terminal Pesquero de Pacasmayo, los coliformes totales y termotolerantes variaron de 1,8 a 240 NMP/100 mL La demanda bioquímica de oxígeno varió de 5,0 a 7,1 mg/L, el promedio 5,9 mg/L (Fig. 35).

temas marinos y costeros (Fig. 36). La demanda bioquímica de oxígeno varió de 5,4 a 7,2 mg/L, las estaciones C, D y E sobrepasaron la Categoría 1, Sub Categoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación, contacto primario (ECA (Fig. 37).

Malabrigo

En la Tabla 12, se aprecia los rangos de temperatura superficial y oxígeno asociado a un pH de 7,78 a 7,82 (Tabla 13), cuyos valores estuvieron acorde con lo indicado por los ECA.

Tabla 12.- Temperatura superficial (TSM) y oxígeno disuelto (OD) en superficie, playas de Malabrigo, comparado con los ECA, octubre 2021

Malabrigo Estación	TSM (°C)	Oxígeno (mg/L)	ECA - Oxígeno disuelto (mg/L)			
			C1:B1	C2:C2	C2:C3	C4:E3
A	18,0	9,0	≥5	≥3	≥2,5	≥4
B	18,1	9,2	≥5	≥3	≥2,5	≥4
C	19,0	9,3	≥5	≥3	≥2,5	≥4
D	17,9	9,3	≥5	≥3	≥2,5	≥4
E	17,6	9,9	≥5	≥3	≥2,5	≥4

Los sólidos suspendidos totales en las estaciones C, D y E superaron las Categorías 2, Sub Categoría C2: Extracción cultivos y otras actividades marino costeras y continentales; y, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, Sub Categoría E3: Ecosistemas marinos y costeros (Tabla 14).

Tabla 13.- Potencial de hidrógeno (pH) en superficie, playas de Malabrigo, comparado con los ECA, octubre 2021

Malabrigo Estación	pH (unidad)	ECA - pH (Unidad)	
		C1:B1	C2: C2 / C2:C3 / C4:E3
A	7,79	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5
B	7,80	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5
C	7,82	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5
D	7,79	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5
E	7,78	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5

En relación a la carga microbiológica los coliformes totales y termotolerantes variaron de 1,8 a 4,0 NMP/100mL, todas las estaciones no presentaron contaminación fecal, no afectaron las actividades de Extracción cultivos y otras actividades marino costeras y continentales; y, Conservación del Ambiente Acuático, Sub Categoría: Ecosis-

Tabla 14.- Sólidos suspendidos totales (SST) en superficie, playas de Malabrigo, comparado con los ECA, octubre 2021

Malabrigo Estación	SST (mg/L)	ECA - Sólidos Suspendidos Totales		
		C2:C2	C2:C3	C4:E3
A	12,0	60	70	30
B	1,5	60	70	30
C	62,0	60	70	30
D	85,0	60	70	30
E	100,0	60	70	30

Tabla 11.- Sólidos suspendidos totales en superficie, playas de Malabrigo, comparado con los ECA, septiembre 2021

Pacasmayo Estación	SST (mg/L)	ECA - Sólidos Suspendidos Totales		
		C2:C2	C2:C3	C4:E3
A	92,5	60	70	30
B	91,5	60	70	30
C	51,5	60	70	30
D	93,5	60	70	30
E	72,0	60	70	30

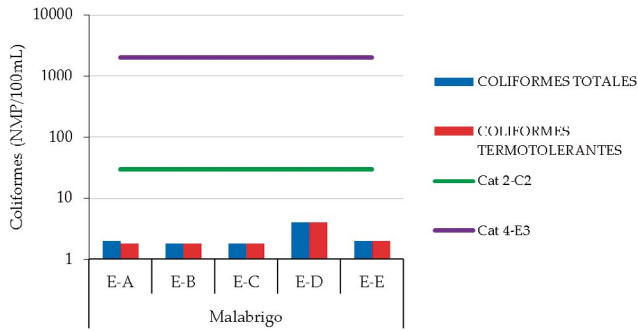


Figura 36.- Coliformes totales y termotolerantes en superficie, playas de Malabrido, comparado con los ECA, octubre 2021

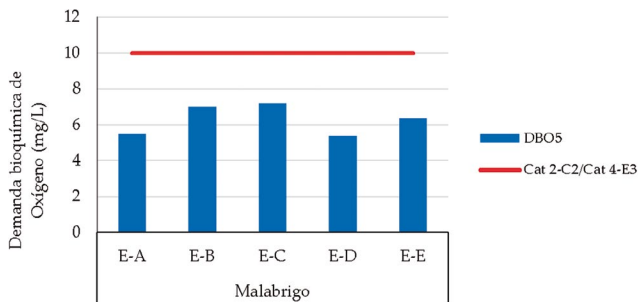


Figura 37.- Demanda bioquímica de oxígeno en la superficie, playas de Malabrido, comparado con los ECA, octubre 2021

Huanchaco

El agua superficial marina presentó valores térmicos de 15,9 a 16,5 °C; el oxígeno disuelto fluctuó de 8,72 a 9,44 mg/L, asociado a un pH ligeramente alcalino de 7,78 a 7,87; los sólidos suspendidos totales estuvieron en un rango de 49,5 a 83,5 mg/L. La temperatura, oxígeno disuelto y potencial de hidrógeno no sobrepasaron los ECA (Tabla 15) La demanda bioquímica de oxígeno varió de 4,09 a 6,54 mg/L (Fig. 38), las estaciones B, C, D y E sobrepasaron los ECA en la Categoría 1, subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación, contacto primario. Los sólidos suspendidos totales en todas las estaciones de muestreo superaron lo establecido en las Categorías 2, Sub categoría C2: Extracción cultivos y otras actividades marino costeras y continentales; Sub categoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras; y, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, Sub categoría E3: Ecosistemas marinos y costeros (Tabla 16).

Respecto a la carga microbológica, los coliformes totales y termotolerantes fueron <10 NMP/100 mL, excepto la estación 2, todas las estaciones no sobrepasaron las Categorías 2, Sub categoría C2: Extracción cultivos y otras actividades marino

Tabla 15.- Temperatura superficial del mar (TSM) y oxígeno disuelto (OD) en la superficie marina en las playas de Huanchaco, comparado con los ECA, agosto 2021

Huanchaco Estación	TSM (°C)	Oxígeno (mg/L)	ECA - Oxígeno disuelto (mg/L)			
			C1:B1	C2:C2	C2:C3	C4:E3
F	15,9	9,438	≥5	≥3	≥2,5	≥4
E	16	9,295	≥5	≥3	≥2,5	≥4
D	16	9,295	≥5	≥3	≥2,5	≥4
C	16	9,295	≥5	≥3	≥2,5	≥4
B	16,1	9,152	≥5	≥3	≥2,5	≥4
A	16,5	8,723	≥5	≥3	≥2,5	≥4

Tabla 16.- Sólidos suspendidos totales (SST) en la superficie marina en las playas de Huanchaco, comparado con los ECA, agosto 2021

Huanchaco Estación	SST (mg/L)	ECA - Sólidos Suspendidos Totales		
		C2:C2	C2:C3	C4:E3
F	83,5	60	70	30
E	75,5	60	70	30
D	49,5	60	70	30
C	50,5	60	70	30
B	60	60	70	30
A	68,5	60	70	30

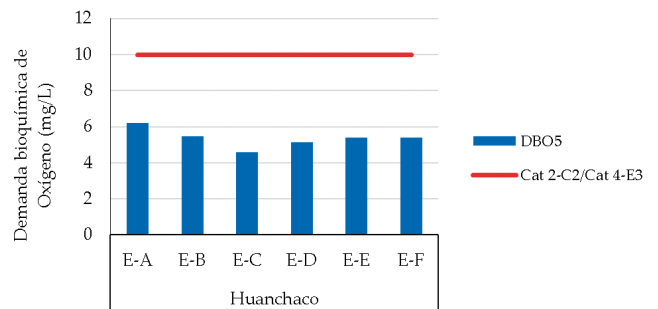


Figura 38.- Demanda bioquímica de oxígeno en superficie, playas de Huanchaco, comparado con los ECA, agosto 2021

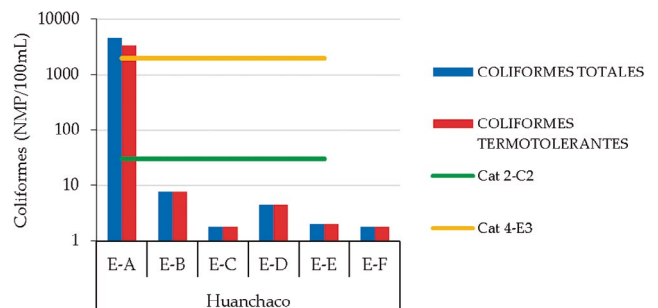


Figura 39.- Coliformes totales y termotolerantes en la superficie marina, playas de Huanchaco, comparado con los ECA, agosto 2021

costeras y continentales; y, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, subcategoría E3: Ecosistemas marinos y costeros (Fig. 39).

Salaverry

La temperatura superficial del mar fue de 16,0 a 16,7 °C; el oxígeno disuelto fluctuó de 9,3 a 9,9 mg/L, asociado al pH de 7,74 a 7,82; los sólidos suspendidos totales estuvieron en un rango de 38,5 a 54,0 mg/L. La temperatura, oxígeno disuelto y potencial de hidrógeno estuvieron acorde con los ECA. Los sólidos suspendidos totales en todas las estaciones de muestreo superaron la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, subcategoría E3: Ecosistemas marinos y costeros (Tablas 17, 18, 19).

En relación a la carga microbiológica, los coliformes totales variaron de 1,8 a 33,0 NMP/100 mL, en tanto que, los coliformes termotolerantes fluctuaron de 1,8 a 6,8 NMP/100 mL, todas las estaciones cumplieron con los ECA en las Categorías 2, Subcategoría C2: Extracción cultivos y otras actividades marino costeras y continentales; y, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, subcategoría E3: Ecosistemas marinos y costeros.

Tabla 17.- Temperatura superficial del mar (TSM) y oxígeno disuelto (OD) en superficie, playas de Salaverry, comparado con los ECA, agosto 2021

Salaverry Estación	TSM (°C)	Oxígeno (mg/L)	ECA - Oxígeno disuelto (mg/L)			
			C1:B1	C2:C2	C2:C3	C4:E3
A	16,7	9,30	≥5	≥3	≥2,5	≥4
B	16,6	9,58	≥5	≥3	≥2,5	≥4
C	16,3	9,87	≥5	≥3	≥2,5	≥4
D	16	9,87	≥5	≥3	≥2,5	≥4
E	16	9,72	≥5	≥3	≥2,5	≥4

Tabla 18.- Potencial de hidrógeno (pH) en superficie, playas de Salaverry, comparado con los ECA, agosto 2021

Salaverry Estación	pH (unidad)	ECA - pH (Unidad)	
		C1:B1	C2: C2 / C2:C3 / C4:E3
A	7,82	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5
B	7,75	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5
C	7,74	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5
D	7,75	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5
E	7,75	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5

Tabla 19.- Sólidos suspendidos totales (SST), playas de Salaverry, comparado con los ECA, agosto 2021

Salaverry Estación	SST (mg/L)	ECA - Sólidos Suspendidos Totales		
		C2:C2	C2:C3	C4:E3
A	43	60	70	30
B	53	60	70	30
C	38,5	60	70	30
D	54	60	70	30
E	52,5	60	70	30

La demanda bioquímica de oxígeno varió de 3,3 a 12,7 mg/L, en la estación E sobrepasaron Categorías 2, Subcategoría C2: Extracción cultivos y otras actividades marino costeras y continentales; y, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, subcategoría E3: Ecosistemas marinos y costeros (Figs. 40, 41).

Puerto Morín

A temperaturas superficiales del mar de 15,6 a 15,9 °C, se halló que el oxígeno disuelto varió de 9,01 a 9,37 mg/L, asociado al pH de 7,74 a 7,80, los sólidos suspendidos totales estuvieron en un rango de 62,0 a 78,0 mg/L. La temperatura, oxígeno disuelto y potencial de hidrógeno no sobrepasaron los ECA. Los sólidos suspendidos totales en todas las estaciones de muestreo superaron las Categorías 2, Subcategoría C2: Extracción cultivos y otras actividades marino costeras y continentales; y, Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras; Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, subcategoría E3: Ecosistemas marinos y costeros (Tablas 20, 21, 22).

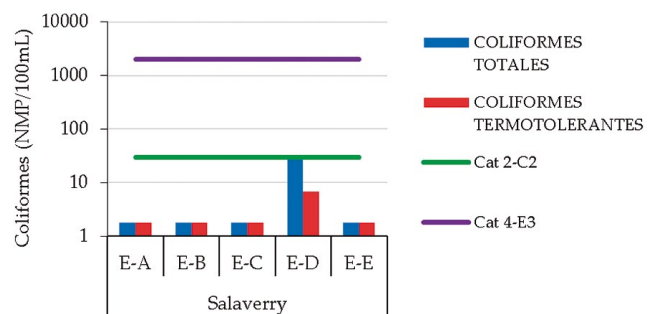


Figura 40.- Coliformes totales y termotolerantes en superficie, playas de Salaverry, comparado con los ECA, agosto 2021

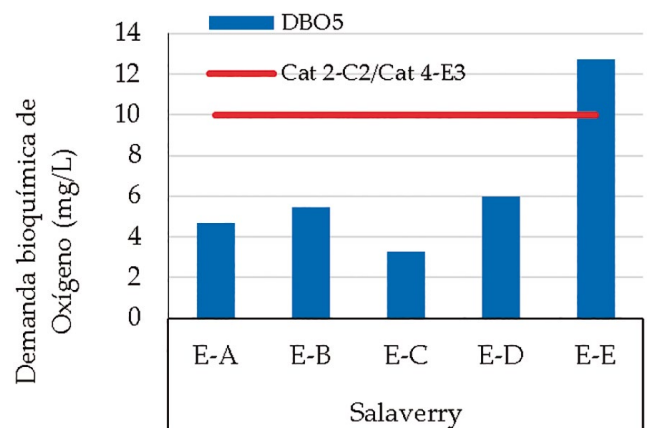


Figura 41.- Demanda bioquímica de oxígeno en superficie, playas de Salaverry, comparado con los ECA, agosto 2021

Tabla 20.- Temperatura superficial (TSM) y oxígeno disuelto (OD) en playas de Puerto Morín, comparado con los ECA, agosto 2021

Puerto Morín Estación	TSM (°C)	Oxígeno (mg/L)	ECA - Oxígeno disuelto (mg/L)			
			C1:B1	C2:C2	C2:C3	C4:E3
B	15,6	9,01	≥5	≥3	≥2,5	≥4
C	15,7	9,22	≥5	≥3	≥2,5	≥4
D	15,7	9,37	≥5	≥3	≥2,5	≥4
E	15,9	9,15	≥5	≥3	≥2,5	≥4
F	15,9	9,15	≥5	≥3	≥2,5	≥4

Tabla 21.- Potencial de hidrógeno (pH) en superficie, playas de Salaverry, comparado con los ECA, agosto 2021

Puerto Morín Estación	pH (unidad)	ECA - pH (Unidad)	
		C1:B1	C2: C2 / C2:C3 / C4:E3
B	7,74	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5
C	7,77	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5
D	7,74	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5
E	7,8	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5
F	7,78	6,0 a 9,0	6,8 a 8,5

Tabla 22.- Sólidos suspendidos totales (SST) en superficie, playas de Puerto Morín, comparado con los ECA, agosto 2021

Puerto Morín Estación	SST (mg/L)	ECA - Sólidos Suspendidos Totales		
		C2:C2	C2:C3	C4:E3
B	78	60	70	30
C	74	60	70	30
D	62	60	70	30
E	71,5	60	70	30
F	69	60	70	30

Tabla 23.- Estaciones de muestreo en el río Jequetepeque, Setiembre 2021

Latitud			Longitud			Estación muestreo	Lugar
(°)	(')	(")	(°)	(')	(")		
7	20	9,4	79	35	20,3	RJ1	Desembocadura
7	19	25,9	79	33	17,8	RJ2	Campo
7	19	26,5	79	28	51,2	RJ3	Puente Panamericana

Tabla 24.- Parámetros ambientales en el río Jequetepeque, septiembre 2021

Parámetros	Unidad	RJ1	RJ2	RJ3	ECA
					Cat 4:E2:Ríos
Temperatura	°C	19,4	19,3	20,8	Δ3
Oxígeno disuelto	mg/L	7,293	5,72	8,294	≥5
Potencial de hidrógeno	Unidad	7,97	7,54	7,54	6,5 a 9,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	93,5	74,5	0	≤100
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	5,39	4,66	6,37	10
Coliformes totales	NMP/100mL	110	1400	3300	
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	4,5	110	680	2000

En relación a la carga microbiológica tanto los coliformes totales como los termotolerantes variaron de 1,8 a 13,0 NMP/100 mL, todas las estaciones cumplieron con las Categorías 2, Subcategoría C2: Extracción cultivos y otras actividades marino costeras y continentales y Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, subcategoría E3: Ecosistemas marinos y costeros.

La demanda bioquímica de oxígeno varió de 4,0 a 5,97 mg/L, todas las estaciones cumplieron la Categoría 2, Subcategoría C2: Extracción cultivos y otras actividades marino costeras y continentales; y, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, subcategoría E3: Ecosistemas marinos y costeros (Figs. 42, 43).

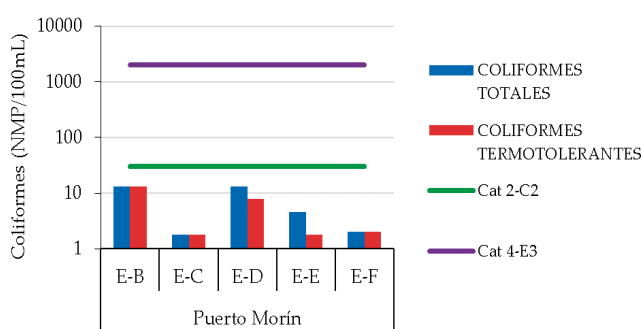


Figura 42.- Coliformes totales y termotolerantes en superficie, playas de Puerto Morín, comparado con los ECA, agosto 2021

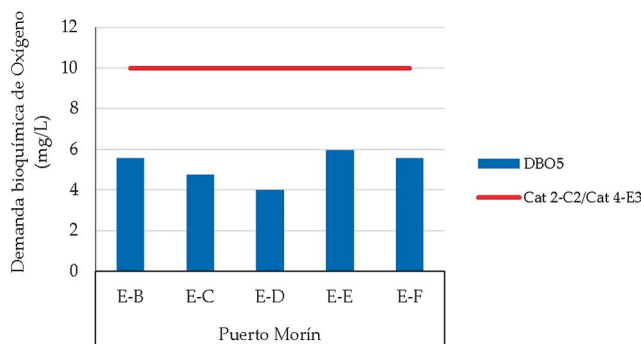


Figura 43.- Demanda bioquímica de oxígeno en superficie, playas de Puerto Morín, comparado con los ECA, agosto 2021

Ríos

Jequetepeque

Las estaciones de muestreo consideraron el puente Panamericana y la desembocadura al mar. El muestreo se realizó entre las 9 y 10 horas del 3 de septiembre 2021 (Tabla 23).

En la Tabla 24, se observan los registros de los parámetros estudiados en el río Jequetepeque, los que estuvieron en el rango de los ECA.

Río Moche

Las estaciones de muestreo consideradas fueron los puentes en la localidad de Moche y Cerro Blanco y la desembocadura en el mar. El muestreo se realizó entre las 10 y 15 horas del 4 de septiembre de 2021 (Tabla 25).

En la Tabla 26 se encuentran los registros superficiales de temperatura, oxígeno y potencial de hidrógeno. Los sólidos suspendidos totales presentaron valores menores a 10,0 mg/L; acorde a los ECA, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

fluctuó de 3,55 mg/L en Cerro Blanco a 40,45 mg/L en Puente Moche de la carretera Panamericana, aquí se superó los ECA. Los coliformes totales estuvieron presentes en 4 a 3200 NMP/100 mL y los termo tolerantes de 2 NMP/100mL en Cerro Blanco a 68 NMP/100 mL en la desembocadura al mar.

Río Virú

Las estaciones de muestreo consideradas fueron los puentes ubicados en la provincia de Virú y la desembocadura al mar en la playa Las Gaviotas. El muestreo se realizó entre el medio día y las 16:00 horas del 5 de septiembre 2021 (Tabla 27).

En la Tabla 28, se encuentran los registros superficiales de: temperatura del agua, contenido de oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, sólidos suspendidos totales y demanda bioquímica de oxígeno, los que estuvieron acorde con los ECA. Los Coliformes totales y los termotolerantes en la desembocadura al mar, superaron lo establecido en ECA.

Tabla 25.- Estaciones de muestreo en el río Moche, septiembre 2021

Latitud			Longitud			Estación muestreo	Lugar
(°)	(')	(")	(°)	(')	(")		
8	9	42	79	2	11	RM1	Bocana
8	8	36.9	79	0	47.5	RM2	Puente Panamericana
8	4	53.3	78	52	23.1	RM3	Cerro Blanco

Tabla 26.- Parámetros ambientales en el río Moche, septiembre 2021

Parámetros	Unidad	RM1	RM2	RM3	ECA
					Cat 4:E2:Ríos
Temperatura	°C	19,6	23,6	25,2	Δ3
Oxígeno disuelto	mg/L	6,44	11,15	11,44	≥5
Potencial de hidrógeno	Unidad	7,55	8,13	7,9	6,5 a 9,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	7,5	10	2	≤100
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	9,32	40,45	3,55	10
Coliformes totales	NMP/100mL	460	3200	4	
Coliformes termo tolerantes	NMP/100mL	68	1,8	2	2000

Tabla 27.- Estaciones de muestreo en el río Virú, septiembre 2021

Latitud			Longitud			Estación muestreo	Lugar
(°)	(')	(")	(°)	(')	(")		
8	29	21,7	78	52	13,4	RV1	Desembocadura
8	23	52,1	78	44	9,1	RV2	Campo
8	24	31,9	78	45	25,1	RV3	Puente Alameda

Tabla 28.- Parámetros ambientales en el río Virú, septiembre 2021

Parámetros	Unidad	RV1	RV2	RV3	ECA
					Cat. 4:E2:Ríos
Temperatura	°C	22,4	24,8	28	Δ3
Oxígeno disuelto	mg/L	9,29	10,87	11,01	≥5
Potencial de hidrógeno	Unidad	7,88	7,46	8,58	6,5 a 9,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	10,5	7,5	57	≤100
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	3,43	5,64	4,66	10
Coliformes totales	NMP/100mL	3500	110	540	
Coliformes termo tolerantes	NMP/100mL	2400	31	70	2000

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La condición térmica en agosto para la zona intermareal y setiembre para la submareal, presentó valores promedios de 16,7 y 17,2 °C; lo cual generó anomalías térmicas positivas de 0,7 y 0,8 °C, respectivamente. La concentración salina de la zona intermareal fue menor, comparada con la submareal, variaron de 32,800 a 35,177. La condición oceanográfica fue Cálida débil, imperando las aguas costeras frías con presencia de Aguas Subtropicales Superficiales. Condiciones termohalinas similares fueron reportadas en los informes técnicos de agosto y septiembre (Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” [Enfen], 2021 a y b) debido al arribo de ondas Kelvin fría y cálida.

El oxígeno superficial en las zonas intermareales fue superior en 60% con respecto a las zonas submareales. El oxígeno y potencial de hidrógeno superficial de la submareal e intermareal, por un lado, estuvieron asociadas con procesos de surgencia de Aguas Costeras Frías, y por otro fueron propicias para Actividades de Recreación Poblacional, Cultivo y Extracción de peces y algas comestibles, así como, Conservación del Ambiente Acuático de acuerdo al ECA (D.S. N° 004-2017-MINAM, 2017).

Las intermareales de Pacasmayo y Huanchaco recibieron el mayor aporte de aguas continentales, a su vez con Puerto Morín, presentaron las mayores concentraciones de sólidos suspendidos totales, estas localidades no fueron favorables para las actividades de extracción y cultivo de peces y algas comestibles, además de afectar a la conservación del ambiente acuático. Cabe resaltar que, las zonas submareales de Huanchaco y Salaverry presentaron valores que excedieron hasta en ocho veces la norma vigente para las mismas categorías (D.S.

N° 004-2017-MINAM, 2017). Esto evidenció que la zona marina costera de La Libertad continua fuertemente afectada por las actividades antrópicas, situación que forma parte de un problema global, que abarca el aumento de las cargas de nutrientes y materia orgánica de la agricultura, descargas de desagües, quema de combustibles fósiles y el calentamiento global. Todos estos factores generan desoxigenación en el sistema marino-costero (BREITBURG *et al.*, 2018).

De acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM, 2017, la evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno indicó que, la calidad acuática de las playas no fue apropiada para las actividades recreacionales, en cambio en la submareal fueron propicias para las actividades de extracción y cultivo de peces y algas comestibles; y la conservación del ambiente acuático. La contaminación fecal fue detectada en la playa del muelle y el camal en Pacasmayo, así como en parte de la intermareal y submareal de Huanchaco, afectando las actividades de extracción y cultivo de peces y algas comestibles, así como a las actividades de recreación poblacional. La sexta parte de la submareal de Huanchaco y Salaverry presentaron sedimento superficial marino reducidos, enriquecidos con materiales orgánicos, olor a sulfuros, asociado con la calidad acuática que incumple los ECA (D.S. N° 004-2017-MINAM, 2017).

El suco y la lorna, capturados en la zona de pesca de Huanchaquito y El Loro en Pacasmayo, presentaron concentraciones de cadmio, cobre y mercurio acorde con las normas de Chile, Nueva Zelanda y Alemania Occidental (NAUEN, 1983). El cangrejo violáceo de la zona de pesca de Tres Palos indica riesgo a la salud, de acuerdo con las normas de Chile y Venezuela (NAUEN, 1983). El caracol de la zona de pesca de la isla Guañape presentó cobre en concentraciones que sobrepasaron la norma de Chile (NAUEN, 1983).

Los indicadores macro bentónicos presentaron a los **poliquetos** con mayor representatividad en abundancia y densidad total. En Malabrigo alcanzaron a 73% las *Capitella* sp., *Glycera* sp., *Magelona* sp.; en Huanchaco el 76%, con *Capitella* sp., *Magelona* sp., *Owenia fusiformis*,

Leitoscoloplos sp., *Lagis koreni*, y en Salaverry el 90%, con *Capitella* sp., *Lagis koreni*, *Magelona* sp., *Nephtys ferruginea*, *Owenia fusiformis*. Esta condición macro bentónica nos indicó que las zonas monitoreadas estuvieron afectadas ecológicamente.

5. REFERENCIAS

- ALFARO, S., REBAZA, V., DE LUCIO, L., SALCEDO, J. & VÁSQUEZ, C. (2016). Evaluación de bancos naturales de invertebrados marinos comerciales, Región La Libertad-Perú, 2012. *Inf Inst Mar Perú*, 43(1), 68-93. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3069>
- ALFARO, S., REBAZA, V., DE LUCIO, L., VÁSQUEZ, C. & CAMPOS, M. (2017). Caracterización de bancos naturales de invertebrados marinos comerciales y áreas de pesca artesanal. Región La Libertad, Perú. Junio 2014. *Inf Inst Mar Perú*, 44(1), 105-148. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3160>
- BREITBURG, D., LEVIN, L. A., OSCHLIES, A., GRÉGOIRE, M., CHAVEZ, F. P., CONLEY, D. J., GARÇON, V., GILBERT, D., GUTIÉRREZ, D., ISENSEE, K., JACINTO, G. S., LIMBURG, K. E., MONTES, I., NAQVI, S. W. A., PITCHER, G. C., RABALAIS, N. N., ROMAN, M. R., ROSE, K. A., SEIBEL, B. A., ... ZHANG, J. (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*, 359(6371), 1-11. <https://doi.org/10.1126/science.aam7240>
- CARDICH, J., SIFEDDINE, A., SALVATTECI, R., ROMERO, D., BRICEÑO-ZULUAGA, F., GRACO, M., ANCULLE, T., ALMEIDA, C. & GUTIÉRREZ, D. (2021). ¿Nuestro océano sin aliento?: cómo varía el oxígeno en el mar peruano. En *Diálogos académicos: Aportes de la Academia a Nuestro Desafío Climático (NDC)* (pp. 2-5). Grupo Impulsor de Acción Climática de la Academia, Ministerio del Ambiente. https://cdkn.org/sites/default/files/files/Cardich_POLICY_BRIEF_VF.pdf
- CARRIT, D. E. & CARPENTER, J. H. (1966). Comparison and evaluation of currently employed modification of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water; A NASCO report. *Journal of Marine Research*, 24(3), 286-318. https://elischolar.library.yale.edu/journal_of_marine_research/1077
- CLESCERI, L. S., EATON, A. D. & GREENBERG, A. E. (Eds.). (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater (20^o ed.). American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF).
- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO "EL NIÑO" [ENFEN]. (2021a). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, setiembre 2021* (Informe Técnico ENFEN. Año 7, N° 09, setiembre de 2021). <http://enfen.gob.pe/download/informe-tecnico-enfen-ano-7-n09/?wpdmdl=1688&ind=1637871046980>
- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO "EL NIÑO" [ENFEN]. (2021b). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, agosto 2021* (Informe Técnico ENFEN. Año 7, N° 08, agosto de 2021). <http://enfen.gob.pe/download/informe-tecnico-enfen-ano-7-n08/?wpdmdl=1682&ind=1636403256511>
- DEAN, W. E. (1974). Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss ignition: Comparison with other methods. *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]. (2017). 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>
- DE LUCIO, L., SOLANO, A., REBAZA, V., ALFARO, S., TRESIERRA, A. & CAMPOS, S. (2013). La Pesca artesanal marina en la Región La Libertad, Perú. *Inf Inst Mar Perú*, 40(1-2), 31-134. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/2222>
- 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://repositorio.cepal.org/handle/11362/6411>
- IPCC. (2019). *Calentamiento global de 1.5 °C: Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza*. IPCC, OMM, PNUMA. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_spanish.pdf
- KRAMER, D., KALIN, M. J., STEVEN, E. G., THRAILKILL, J. R. & ZWEIFEL, J. R. (1972). Collecting and processing data on fish eggs and larvae in the California Current region. NOAA Tech. Rep, NMFS Circ. 370, 48 pp.
- LOPER, C., POMEROY, R., HOMM, V., MCCONNEY, P., PENA, M., SANDERS, A., SRISKANTHAN, G., VERGARA, S., PIDO, M., VAVE, R., VIEUX, C. & WANYONYI, I. (2008). *Socioeconomic conditions along the world's tropical coasts: 2008*. Conservation International, NOAA, GCRMN. <https://icriforum.org/documents/socioeconomic-conditions-along-the-worlds-tropical-coasts-2008/>
- NAUEN, C. E. (1983). *Compilation of legal for hazardous substances in fish and fisher products* (Fisheries Circular N° 764). <http://www.fao.org/docrep/014/q5114e/q5114e.pdf>
- SADIQ, M. (1992). *Toxic metal chemistry in marine environments*. CRC Press.