

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA PESQUERA



**Efectos de los agentes contaminantes en la
biodiversidad macrobentónica del litoral Salaverry,
La Libertad – Perú.**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
BIOLOGO – PESQUERO**

AUTORA: Br. DOMITILA ROCIO LOYAGA HARO

ASESORA: Dra. ALINA MABEL ZAFRA TRELLES

CO ASESOR: Ing. VICTOR ARMANDO REBAZA CASTILLO

TRUJILLO – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A Dios

Por ser la principal fuente de fuerza, coraje y fe para ser cada sueño realidad, por ser mi guía y protector en cada instante de mi vida, su amor infinito y por su bendición.

A mi madre Aquilina y mi papá Segundo

Quienes son un ejemplo de perseverancia y constancia que lo caracteriza, su amor incondicional, por enseñarme a no rendirme ante las adversidades de la vida, los amo mucho.

A mis hermanos Liliana, Fanny y Luis y a mis sobrinitos Dayana y Yerick

Quienes son mi motivo e inspiración de superación

A mi mamita Elena, y a mis tíos

Que me aman incondicionalmente y por creer siempre en mí, por su confianza y su apoyo moral en todo instante.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios porque hizo esto posible, me encamino a algo de lo cual no tenía ni idea y que ahora llego a ser la relación de mi vida. Mi más profundo y sincero agradecimiento está dirigido hacia la Dra. Alina Mabel Zafra Trelles, por haber confiado en mí y haberme dado las pautas necesarias para el desarrollo de mi tesis, por su guía de cerca, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación como investigadora. De manera muy especial a mi Co – Asesor de tesis, Ing. Químico Víctor Armando Rebaza Castillo, por su apoyo brindado desde el primer momento, por su guía, correcciones, por la idea de la tesis, que hoy con su dirección estoy finalizando, su paciencia ante mi insistencia por resolver una duda. A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración. Al Instituto del Mar del Perú, por haberme permitido el uso de los equipos y materiales necesarios, el Blgo. Pesq. Santo Alfaro, el Blgo. Pesq. Carlos Goicochea, quienes, con su ayuda desinteresada, y a pesar de su tiempo limitado, me brindaron su apoyo con información relevante para esta investigación. a todos mis compañeros que se encargaron de adecuarme al mundo exterior algunos con su cariño y apoyo incondicional, a mis amigos Kiara Alayo, Yesenia Ventura, Kelly Paredes y Esteban López y un agradecimiento muy especial a Miller R. y Félix Carlos por sus buenos deseos y siempre estar al pendiente de mis avances de tesis, por sus consejos, pero sobre todo demostrarme su apoyo incondicional. Mi especial agradecimiento para la Universidad Nacional de Trujillo, por su responsabilidad y alto nivel académico desarrollado en los años de estudio. De la misma manera mi gratitud es para los profesores de la Escuela Académico Profesional de Biología Pesquera, quienes con su brillante capacidad supieron compartir sus conocimientos.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DE TRUJILLO**

Dr. ORLANDO MOISÈS GONZALES NIEVES

Rector

Dr. RUBÉN CÉSAR VERA VELIZ

Vicerrector de Académico

Dr. WEYDER PORTOCARRERO CÁRDENAS

Vicerrector de Investigación

**AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLOGICAS**

Dr. FREDDY ROGGER MEJÍA COICO

DECANO

Dr. MOISÉS EFRAIN DÍAZ BARBOZA

**DIRECTOR DE LA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL
DE BIOLOGIA PESQUERA**

Dra. ALINA MABEL ZAFRA TRELLES

DIRECTORA DEL DEPARTAMENTO DE PESQUERÍA

PRESENTACIÓN

Señor miembros del jurado en cumplimiento a las disposiciones vigentes de la facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo presentó la tesis: **“Efectos de los agentes contaminantes en la biodiversidad macrobentónica del litoral Salaverry, La Libertad – Perú”** la misma que someto a vuestra consideración y espero que reúnan los requisitos para obtener el título del Biólogo Pesquero.

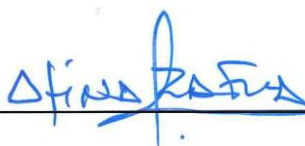


Br. Domitila Roció Loyaga Haro

Trujillo, marzo del 2018

DEL ASESOR

La que suscribe Dra. Alina Zafra Trelles asesora de la tesis titulada: “**Efectos de los agentes contaminantes en la biodiversidad macrobentónica del litoral Salaverry, La Libertad – Perú**” certifica que ha sido desarrollada en conformidad con el objetivo propuesto la cual ha sido revisada y acoge las observaciones y sugerencias alcanzadas; por lo tanto, autorizo al Br. Domitila Rocio Loyaga Haro a continuar con los procedimientos correspondientes según sus fines.



Dra. ALINA MABEL ZAFRA TRELLES
ASESORA

Trujillo, marzo del 2018

MIEMBROS DEL JURADO DICTAMINADOR

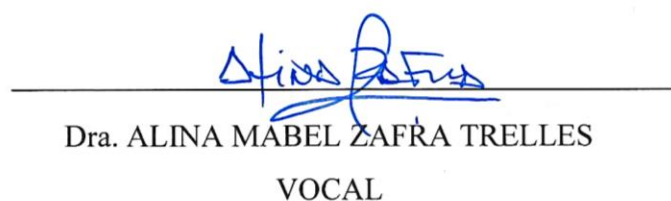
Los suscritos miembros del jurado declaran que la presente tesis ha sido ejecutada en concordancia con las normas de la Escuela Profesional de Biología Pesquera de la Universidad Nacional De Trujillo



Dr. FEDERICO GONZALES VEINTIMILLA
PRESIDENTE



Dr. LUIS ANGELO LUJAN BULNES
SECRETARIO



Dra. ALINA MABEL ZAFRA TRELLES
VOCAL

RESUMEN

Se determinaron los efectos de los agentes contaminantes en la biodiversidad macrobentónica del litoral Salaverry en diciembre 2016 y mayo 2017. En el submareal de Salaverry se establecieron seis y ocho estaciones de muestreo y en el intermareal seis para cada muestreo. Se colectaron muestras de agua y sedimento para determinar los agentes contaminantes físicos (temperatura, transparencia y sólidos suspendidos totales), químicos (O₂, pH, PO₄, SiO₄, NO₃, NO₂, aceites y grasas y DBO₅, materia orgánica total, Granulometría) y trazas de metales pesados (Cu, Cd, Pb, Hg y Zn) y en biológicos (Coliformes Totales y Termotolerantes); así como, los índices de biodiversidad macrobentónica. Para determinar los efectos de los agentes contaminantes en la biodiversidad se elaboró una matriz de causa-efecto. Los índices Shannon - Wiener fueron menores a 2 bits/ind, con altos valores de los agentes contaminantes de SST y MOT afectando la abundancia, estructura de la comunidad y diversidad macrobentónica. El puntaje total de la matriz fue de 6,33 en diciembre 2016 y 5,83 mayo 2017 lo que se calificó como efectos severos en la biodiversidad macrobentónica para ambos muestreos; en donde predominaron poliquetos indicadores de contaminación.

Palabras claves: Efectos, Agentes, Contaminantes, Biodiversidad, Salaverry.

ABSTRACT

The effects of the pollutants on the macrobenthic biodiversity of the Salaverry littoral were determined in December 2016 and May 2017. Six and eight sampling stations were established in the Salaverry subtidal and six in the intertidal for each sampling. Samples of water and sediment were collected to determine the physical contaminants (temperature, transparency and total suspended solids), chemicals (O₂, pH, PO₄, SiO₄, NO₃, NO₂, oils and fats and BOD₅, total organic matter, Granulometry) and traces of heavy metals (Cu, Cd, Pb, Hg and Zn) and in biological (total and thermotolerant coliforms); as well as, macrobenthic biodiversity indices. To determine the effects of pollutants on biodiversity, a cause-effect matrix was elaborated. The Shannon-Wiener indices were less than 2 bits / ind, with high values of pollutants of SST, NO₃ and MOT affecting abundance, structure of the community and macrobenthic diversity. The total score of the matrix was of 6.33 in December 2016 and 5.83 in May 2017, which was classified as severe effects on macrobenthic biodiversity for both samplings; polychaete pollution indicators predominated

Key words: Effects, Agents, pollutants, Biodiversity, Salaverry.

ÍNDICE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO.....	iv
AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
DEL ASESOR.....	vii
MIEMBROS DEL JURADO DICTAMINADOR.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIAL Y MÉTODOS.....	7
RESULTADOS.....	19
DISCUSIÓN.....	59
CONCLUSIONES.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS.....	76

INTRODUCCIÓN

La contaminación marina y su marcada influencia en la salud de los ecosistemas costeros, está estrechamente relacionada con el aumento creciente de las poblaciones que habitan las zonas costeras y, de igual manera, con el incremento de las actividades domésticas, agrícolas e industriales que, por el mal manejo e inadecuado control de los desechos sólidos y líquidos, afectan el medio marino con significativas implicaciones a nivel ecológico, socioeconómico y de salubridad (CCPS, 1983; Cabelli et al, 1984; Espinosa, 2010; García et al 2012; Marín et al.2005).

A medida que el proceso de industrialización se ha incrementado la contaminación de los ecosistemas ha generado mayor interés de investigaciones para tratar de lograr el equilibrio entre desarrollo y protección del ambiente (Galarza, 2009).

Las zonas marinas y costeras, a pesar de ser consideradas como áreas muy frágiles, son las más explotadas debido a sus numerosos atractivos y abundantes recursos (PNUD, 1996).

En los últimos 20 años, científicos, gestores y autoridades públicas han reconocido que el ecosistema presenta problemas ambientales que son consecuencia de una compleja cadena de eventos que varían de un sitio a otro, y que pueden en parte ser atribuidos al enriquecimiento de los nutrientes (Tett et al., 2003).

La costa peruana, con más de 3 073 km de longitud y una población de 30814175 habitantes, según el reporte (INEI, 2014), presenta un caudal total de aguas residuales evacuadas directamente al mar que superan los $434,90 \times 10^6$ m³/año, donde en Lima arrojan diariamente al mar un volumen de aguas servidas aproximado de 1 700 000 m³/día. Del mismo modo en la ciudad de Trujillo, se descarga $40,6 \times 10^6$ m³ /año de agua de desagües domésticos (DIGESA, 2010).

En la bahía de Salaverry existe una intensa actividad portuaria, con embarcaciones de pequeño y gran calado que también contaminan el medio acuático. Además, los procesos oceanográficos resultan alterados ante la presencia de los muelles, chatas y otras instalaciones que no permiten la circulación natural de las corrientes marinas (Rebaza et al., 2010).

Las propiedades químicas del agua del mar, al caracterizar las masas de agua del océano, permiten seguir su curso y modificaciones en extensas masas de agua y así entender el desarrollo de muchas especies marinas y comportamiento de otras características del agua de mar, por lo que su conocimiento no sólo tiene un interés científico, sino que presenta una importancia práctica para el aprovechamiento y conservación de los diferentes recursos del mar (Weihaupt, 1984).

La cantidad de nutrientes en el ecosistema costero es alta si se compara con las aguas de la plataforma y las oceánicas, atribuido a la influencia de las actividades socioeconómica desarrolladas en las costas y sus inmediaciones (Montalvo et al., 2000 y Perigó et al., 2000).

Los criterios de calidad de agua y las medidas de integridad biológica forman parte de la determinación de la integridad ecológica del sistema acuático. Respecto a la calidad de agua y más específicamente para ríos, existen diferentes aproximaciones. Entre otras se destacan los criterios de concentración de nutrientes que establecen valores límites para los diferentes niveles tróficos y los índices de Calidad de Agua (ICA). Si bien los índices propuestos deben ser validados, en esta instancia no lo serán debido a la carencia de una base de datos independiente de la utilizada para la creación de los mismos (Quintino et al., 2006).

Entre los principales agentes estrés y contaminantes persistentes se encuentra los hidrocarburos y sus derivados aceites, grasa, metales pesados que provienen de la combustión de producción de químicos, pesticidas, herbicidas, minería (Monserrate y Medina, 2011).

Las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua varían constantemente por procesos físicos, químicos y biológicos como: productividad primaria, temperatura, salinidad, concentración de dióxido de carbono, sólidos disueltos, materia orgánica y contaminantes inorgánicos producto de la influencia antropogénicas (Monserrate y Medina, 2011).

Las bacterias que generalmente representan un riesgo para la salud, son las coliformes fecales; las cuales se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. La presencia de estas bacterias en el suministro de agua es un indicio de que éste puede estar contaminado con material fecal. Generalmente, estas bacterias que llegan a los ecosistemas acuáticos, se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (CIESE, 2005).

Algunos metales son necesarios para los seres vivos, pero pueden llegar a ser tóxicos si rebasan ciertas concentraciones, a éstos últimos se les llama con frecuencia metales pesados. Se entiende por metal pesado aquel cuya densidad es mayor de 5 g/cm^3 , pero la costumbre ha hecho que la connotación se emplee para aquéllos que son tóxicos y que en realidad abarcan los grupos de transición y postransición (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn), al igual que el de los metaloides (As y Se) (Mancera y Álvarez, 2006; Castro, 2015).

El litoral de Salaverry presentó las mayores concentraciones de fosfatos, silicatos, coliformes totales, termotolerantes y sólidos suspendidos totales; fuera del rango establecido los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Categoría 2: Actividades Marino Costeras y Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático.

Asimismo, en el sedimento superficial marino, presentó el mayor contenido de materia orgánica total mayor a 4,00 %, la textura que prevaleció fue el fango con fuerte olor a sulfuros, con colores de grises y negros, condiciones similares respecto al 2010 y 2011 (Rebaza et al. 2012). Presenta una mayor perturbación del sustrato marino con los valores más altos de los traza de metales pesados (García et al. 2015).

Las comunidades bentónicas sean marinas o epicontinentales son todas las especies que viven en relación íntima con el fondo, ya sea para fijarse en él, para excavarlo, o para movilizarse sobre su superficie, siendo el factor básico para su establecimiento, “su relación íntima con el fondo” (Salazar et al., 2001). Las especies bentónicas mayores de 1 mm de longitud, se consideran macrozoobentos (Jaramillo et al., 1998).

La importancia de las comunidades bentónicas radica en el rol que cumplen dentro de los ciclos biogeoquímicos y en la cadena trófica del ecosistema marino y de ahí la necesidad de conocer el comportamiento de tales comunidades frente a los cambios oceanográficos estacionales, anuales o interanuales (Tarazona et al., 2000).

La diversidad ha sido utilizada como indicadora del buen estado de los sistemas ecológicos (Magurran 1983). Según Margalef (1983) la diversidad es baja en las aguas contaminadas debido a la eliminación de las especies menos resistentes.

El bento es un buen reflejo de la calidad del agua debido a su permanencia relativamente larga en el sustrato y a la diferente sensibilidad de sus especies (Hawkes 1980). Emplea como indicador de contaminación, especialmente donde existe un amplio conocimiento de sus especies (Sladeczek, 1973).

Los poliquetos constituyen entre el 35 y 65% de las especies de animales macroscópicos de fondos blandos, y son modificadores del sustrato, regulando positivamente el

reclutamiento de otros organismos (Salazar et al., 1998). En otro contexto Abanto (1992) identifica 10 especies del macrozoobentos pertenecientes a los poliquetos, crustáceos, moluscos y nemertinos; siendo los predominantes poliquetos y moluscos.

Además, Salzwedel *et al.* (1988) realizan un estudio de la comunidad macrobentónica, antes, durante y después del evento El Niño donde reportan 467 especies de macrobentos conformado por poliquetos 235, crustáceos 120, moluscos 73, nemertinos 7 y otros 32) donde los poliquetos más abundantes fueron *Paraprionospio pinnata* y *Magelona phyllisae* Yupanqui et. al. (2007) reportan para la ensenada de Sechura 117 especies de macrozoobentos, donde los tres grupos más abundantes fueron Polychaeta (57), Crustácea (24) y Mollusca (21).

En el Perú, la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611. Art. 66° (2006) “Incorpora la política de salud ambiental como área prioritaria, a fin de velar por la minimización de riesgos ambientales derivados de las actividades y materias comprendidas bajo el ámbito de este sector” y en el Art. 101° “Promueve la conservación de los ecosistemas marinos y costeros, como espacios proveedores de recursos naturales. Fuente de diversidad biológica marina y de servicios ambientales de importancia nacional regional y local” (El Peruano, 2015).

Así mismo D.S N° 004 MINAM (2017), modifica los Estándares Nacionales de Calidad de Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, donde se establece el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

Los agentes contaminantes son un conjunto de factores o sustancias que se encuentran presentes en el medio ambiente y que causan efectos desfavorables para la salud o el mismo medio Rebazza et al. (2015).

Entre la autoridad, R. J N° 202-2010-ANA-Artículo 1, aprueba la clasificación de los cuerpos de agua superficiales marinos – costeros y en cuanto a la Ley General de Pesca, Ley N° 25977. Art. 6°, indica que el Estado vela por la protección y prevención del medio ambiente, exigiendo que se adopten las medidas necesarias para prevenir, reducir y controlar los daños o riesgos de contaminación o deterioro en el entorno marítimo terrestre y atmosférico.

Ley N° 26842- Ley General de Salud, establece que el Ministerio de Salud, a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), es la autoridad encargada de la protección del medio ambiente para la salud, conforme lo indica el Título II: de los deberes, restricciones y responsabilidades en consideración a la salud de terceros, en los art. 104° al 107° del capítulo VIII- de la protección del ambiente para la salud, R.M. N° 258-2011/MINSA; Aprueban el documento técnico “Política Nacional de Salud Ambiental 2011-2020”, cuarta política, vigilancia de peligros y alertas en salud ambiental cuyo objetivo es “asegurar la vigilancia de la calidad sanitaria de los recursos hídricos bajo estándares establecidos por la autoridad de salud”.

Por lo tanto en la investigación el objetivo general fue determinar el efecto de los agentes contaminantes en la biodiversidad macrobentónica y como objetivos específicos se determinó y se analizó los contaminantes físicos, químicos y biológicos en agua y sedimento marino, si se ajustan a los estándares de calidad establecidos por la normatividad nacional y determinar los índices de diversidad macrobentónica en el litoral marino del Salaverry, La Libertad- Perú.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se ubicó entre las coordenadas $08^{\circ}09'45''\text{S}$ - $78^{\circ}59'01''\text{W}$ y $08^{\circ}14'58,5''\text{S}$ - $79^{\circ}04'39,7''\text{W}$ (Figura 1), comprendió la zona submareal e intermareal de Puerto Salaverry, Distrito de Salaverry, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad.

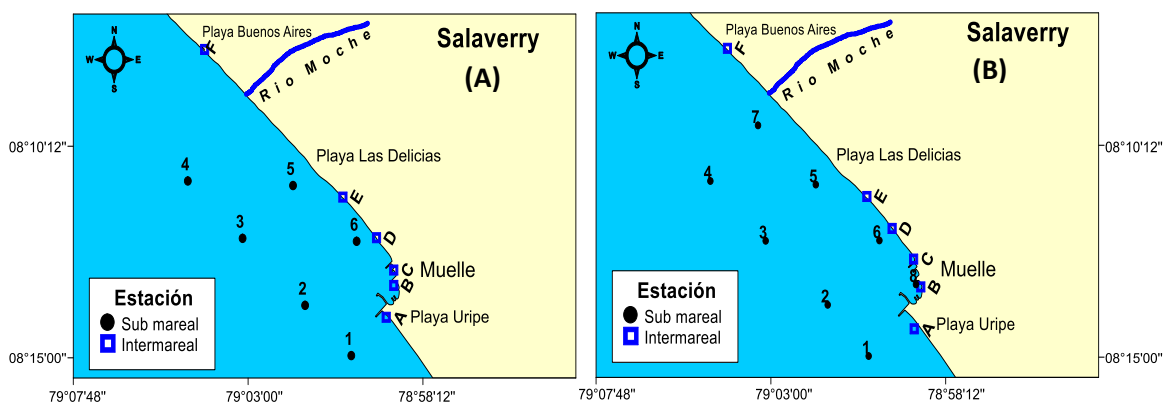


Fig. 1. Ubicación de las estaciones en Salaverry en diciembre 2016 (A) y mayo 2017 (B).

El registro de parámetros de campo y recolección de las muestras se efectuaron en dos prospecciones, diciembre 2016 (primavera) y mayo 2017 (otoño), adecuadas a un día para en muestreo en la sub mareal y otro día para la intermareal en cada prospección.

En la submareal de Salaverry la obtención de las muestras de agua, sedimento y organismos, se realizaron a bordo de la embarcación Don Paco de 2 TM, se ubicaron seis y ocho estaciones de muestreo para diciembre 2016 y mayo 2017, respectivamente; las que fueron geo-referenciadas por triangulación con un GPS Garmin programado al Datum WGS-84 y un ecosonda Garmin 421S con transductor para determinar la profundidad. Se colectaron muestras de agua en la superficie del mar de 250 ml, y para el nivel de fondo se utilizó una botella Niskin de 5 L. La toma de muestras se realizó siguiendo el protocolo de muestreo de la Autoridad Nacional del Agua (ANA 2016).

La temperatura superficial del mar (TSM), se registró con un termómetro simple (Fig. 2), con rango de -8 a $+32$ °C con escala de división de $0,1$ °C; la temperatura de fondo se registró con un termómetro de inversión, con rango de -2 a $+32$ °C y con escala de división de $0,1$ °C.



Fig. 2. Toma de temperatura en el agua de mar de Salaverry a las 10:40 am.

La transparencia se midió con el disco de secchi con un cabo graduado de 40 m (Fig. 3) se registró la diferencia de lanzamientos de este.



Fig. 3. Toma de transparencia en el agua de mar de Salaverry en la estación tres.

Los sólidos suspendidos totales (SST), se realizó mediante el método APHA (1998).

El oxígeno (O₂) disuelto, en superficie y fondo, fueron determinadas in situ (Fig. 4), según la metodología de Winkler, modificada por Carrit y Carpenter (1966).



Fig. 4. Toma de oxígeno en el agua de mar de Salaverry con el método winkler.

El potencial de hidrogeno (pH) con un Multiparametro Thermo Cientific Orion VERSASTAR.

Los nutrientes como fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos fueron analizados mediante determinación colorimétrica, según metodología descrita en Strickland y Parsons (1972).

En el caso de aceites y grasas a través del método gravimétrico de la Enviroment Water Resources (Service, 1976).

La determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) se realizó empleando el método APHA (1998).

Las muestras de agua de mar para la cuantificación de coliformes totales y coliformes termotolerables, se analizaron con el método de Tubos Múltiples (Número Más Probable) según el Standard Methods for Examination of Waters (1995).

En la sub mareal, se colectaron muestras de sedimento superficial empleando una draga Van Veen de 0,05 m² de cobertura; mientras que, en la intermareal una espátula de plástico. El análisis del contenido de materia orgánica total se realizó según la metodología de Deán (1974); para el análisis granulométrico se seleccionaron 100 g de sedimento, las cuales fueron secadas en una estufa eléctrica, posteriormente se empleó un agitador mecánico con un juego de 6 tamices marca RETSCH GmbH. El tamaño de malla de los tamices fue de 2; 1; 0,50; 0,250; 0,125 y 0,063 mm. El peso total (g) de la muestra y el peso parcial (g) retenido en cada uno de los tamices se determinaron con una balanza electrónica de sensibilidad 0,001g.

La determinación de las trazas de Cobre (Cu), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Mercurio (Hg) y Zinc (Zn), estuvieron a cargo de un Laboratorio de Ensayo acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), SGS del Perú SAC, la metodología analítica fue EPA (1994).

El procesamiento y análisis de muestras se realizaron en los laboratorios de Oceanografía, Biología y Microbiología del Instituto del Mar del Perú Sede Huanchaco y Lima.

Respecto a los resultados de metales pesados en sedimento marino, debido a la ausencia de estándar nacional, se eligió a los Niveles Guías vigentes en Canada: Canadian Council of Ministers (CCME 2002) Canada Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life

Para determinar los efectos de los agentes contaminantes en la biodiversidad macrobentónica de Salaverry diciembre 2016 y mayo 2017, se elaboró una matriz de causa efecto cuantitativa basada en la metodología referida en la Matriz “Batelle Columbus” (Estevan 1984). Se consideró dos factores, abiótico y biótico el primero con once agentes contaminantes distribuidos en agua y sedimento y el segundo se consideró el Índice de Shannon Wiener para la biodiversidad macrobentónica de acuerdo a Rebaza et al. (2016).

Respecto a los efectos en la biodiversidad macrobentónica, cada agente contaminante fue clasificado en tres niveles: Moderado= 3, Severo=2 y Crítico =1, tomando como base la Guía para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para la Actividad de Consumo Humano Indirecto Harina y Aceite de Pescado (MINPRO 2008) y los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, para la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales; y, la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Sub Categoría E-3: Ecosistemas costeros y marinos (MINAM 2017); A cada nivel de efecto se le otorgó la siguiente ponderación: 3 (moderado), 2 (severo) y 1 (crítico) (Tabla 1).

Tabla 1.- Matriz para la valoración de efectos en la comunidad macrobentónica

Factor	Puntaje parcial	Agentes contaminantes	Moderado=3	Severo=2	Crítico=1		
A b i ó t i c o	Agua	Físico químico	T (°C)	< Δ 1,0	Δ 1,0 a 2,0	> Δ 2,0	
			SST (mg/L)	0 a 10	10 a 30	> 30,0	
			O2 (mg/L)	> 4,0	4,0 a 2,5	< 2,5	
			pH (Unid)	7 a 8,2	6,8-6,9 y 8,3-8,5	<6,8 y >8,5	
			NO3 (mg/L)	<50	50 a 100	>200	
			AYG (mg/L)	0 a 1	1 a 5	>5,0	
			DBO5 (mg/L)	0 a 3	5 a 10	>10,0	
	Sediment o	3	Físico químico	Granulometría	>2	2-0,63	< 0,63
				MOT (%)	< 3	03_05	>5
				<u>Bio indicador de contaminación</u>			
B i ó t i c o	4	Biológico	Bentos (H' bits/ind.	>3	3 a 2	<2	
			Puntaje total	10			

Fuente: Rebaza et al. (2016).

Para clasificar los efectos en la biodiversidad macrobentónica como moderado, severo y crítico se estableció un puntaje en un rango de 0 a 10. Por lo tanto, aquellas con un puntaje menor a 3,0 fueron consideradas con efecto crítico; puntaje de 3,0 a 7,0 con efecto severo y puntaje de 7,0 a 10,0 efecto moderado en la comunidad macrobentónica. Para determinar la importancia de cada factor en la biodiversidad macrobentónica, se asignó un puntaje parcial (Agua=3, sedimento=3 y bentos=4), cuya suma o puntaje total es 10 y la ponderación se obtuvo dividiendo el peso entre los niveles de acción (Tabla 2).

Tabla 2.- Peso, ponderación y efectos de los agentes contaminantes en la biodiversidad macrobentónica.

Factores		Puntaje Parcial	Ponderación	Efecto
Agua	Físico químico	1	0,06	Crítico=1 < 3,0
		2	0,11	
		3	0,17	
Sedimento	Microbiológicos	2	0,22	Severo=2 >3,0 a 7,0
		2	0,44	
		3	0,67	
Biológico	Físico químico	3	0,50	Moderado=3 >7,0 a 10
		2	1,00	
		3	1,50	
Biológico	Bentos	4	1,33	Moderado=3 >7,0 a 10
		2	2,67	
		3	4,00	
Total		10		

Fuente: Rebaza et al. (2016).

Para determinar la macrofauna bentónica se colectaron muestras de sedimento con tres réplicas por cada estación. El sedimento fue tamizado en una bolsa de Nylal de 500 μ de abertura de malla; y preservado en frascos con formol al 10%. La densidad (número de individuos por 0,05 m²) y la biomasa (peso húmedo expresado en gramos por 0,05 m²) de los organismos macrobentónicos se ponderaron a 1 m². La estructura comunitaria fue descrita teniendo en cuenta la densidad, biomasa y número de especies por estación de muestreo.

Una vez trasladados al laboratorio, los organismos fueron separados del sedimento y colocados en frascos de penicilina. Se procederá a realizar la identificación taxonómica utilizando un microscopio óptico marca JENOPTIK ProgRes C5, un estereoscopio marca LEICA DFC450.

Para la identificación de la forma macrobentónica (Fig. 5) se utilizaron claves de moluscos de Álamo y Valdivieso (1997); de crustáceos de Chirichigno (1970), Del Solar (1970), Méndez (1982), Moscoso (2012; 2013); de anélidos de Perrier (1935), Fauchald

(1977), el catálogo de Invertebrados marinos de la Región La Libertad del IMARPE (2009) y Uribe (2013). Además se realizó el recuento, del macrobento con la densidad (N° ind. / $0,05m^2$).



Fig. 5. Identificación de las muestras en el estereoscopio óptico binocular, Salaverry.

La información fue procesada y expresada en cantidades relativas de acuerdo la zona de procedencia y tiempo y procesado en Excel 2013, Software PRIMER v6 (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) y SURFER V13 para la elaboración de figuras.

Para los aspectos cuantitativos de la estructura comunitaria se considerarán número de especies ($0.05/m^2$), biomasa (g/m^2), densidad (ind/m^2), desviación estándar y abundancia ($Ind/0,05m^2$); para determinar la biodiversidad empleó Shannon y Wiener (H'), índice de equidad de Pielou (J'), Índice de Margalef (d') y el Índice de Simpson (λ).

Así también se aplicó pruebas multivariadas no paramétricas como el Análisis de Escalamiento multidimensional (MDS) o Análisis Cluster para observar el patrón de distribución espacial de la comunidad macrobentónica con transformación raíz cuadrada y con un coeficiente de estrés = 0 con respecto a los factores evaluados, Asimismo, a fin de relacionar las variables abióticas con los diferentes descriptores de la comunidad macrobentónica, se empleó el Análisis de Componentes Principales (PCA) en el cual se determina un valor de Eigenvalues son los vectores no nulos que, cuando son transformados por el operador, dan lugar a un múltiplo escalar de sí mismos, con lo que no cambian su dirección.

Ploteo y sobreposición de factores ambientales por estaciones de muestreo: Mediante la técnica de sobreposición se ilustra la correlación del patrón biótico (abundancia de las especies por estaciones de muestreo) con variables o parámetros ambientales particulares o de interés.

INDICES DE DIVERSIDAD:

Para los índices de diversidad se utilizó Moreno (2001).

Índice de Shannon – Wiener (H')

La diversidad se expresa:

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Índice de Margalef (d')

$$d' = (S - 1)/Ln N$$

Dónde:

S= riqueza de especies

N= abundancia

Índice de equidad de Pielou (J')

Se expresa:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

$$H'_{max} = \text{Log}_2 S$$

S= número de especies

H' = Índice de diversidad de Shannon Weiner

Índice de Simpson (λ) (Dominancia)

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Además, se determinó la magnitud del Impacto en los Ecosistemas Acuáticos con el indicador de rangos de índices del estado de biodiversidad (Tabla 2) de acuerdo a PRODUCE (2008).

Tabla 3. Indicador de rangos del estado de la biodiversidad de organismos bentónicos.

Parámetros	Compatible=4	Moderado =3	Severo=2	Crítico =1
Diversidad (bits/ind)	> 3	2 – 3	1 – 2	< 1

Fuente: Produce.2008

RESULTADOS

La temperatura superficial del mar (TSM) en diciembre 2016, presentó isotermas de 15,9 a 16,1 °C valores muy homogéneos (Fig.6A); mientras que, en mayo 2017 las isotermas variaron de 18,0 y 18,5 °C, la mayor TSM se detectó en el borde costero de Las Delicias (Fig.6C). Los promedios fueron 16,0 y 18,3 °C, para diciembre 2016 y mayo 2017. En el nivel sub superficial la temperatura en diciembre 2016, presentó valores muy homogéneos (Fig.6B); en tanto que, en mayo 2017, predominaron valores de 17,6 a 18,3 °C, la mayor temperatura se ubicó frente a las Delicias, los promedios fueron 14,8 y 17,9 °C (Fig. 6D).

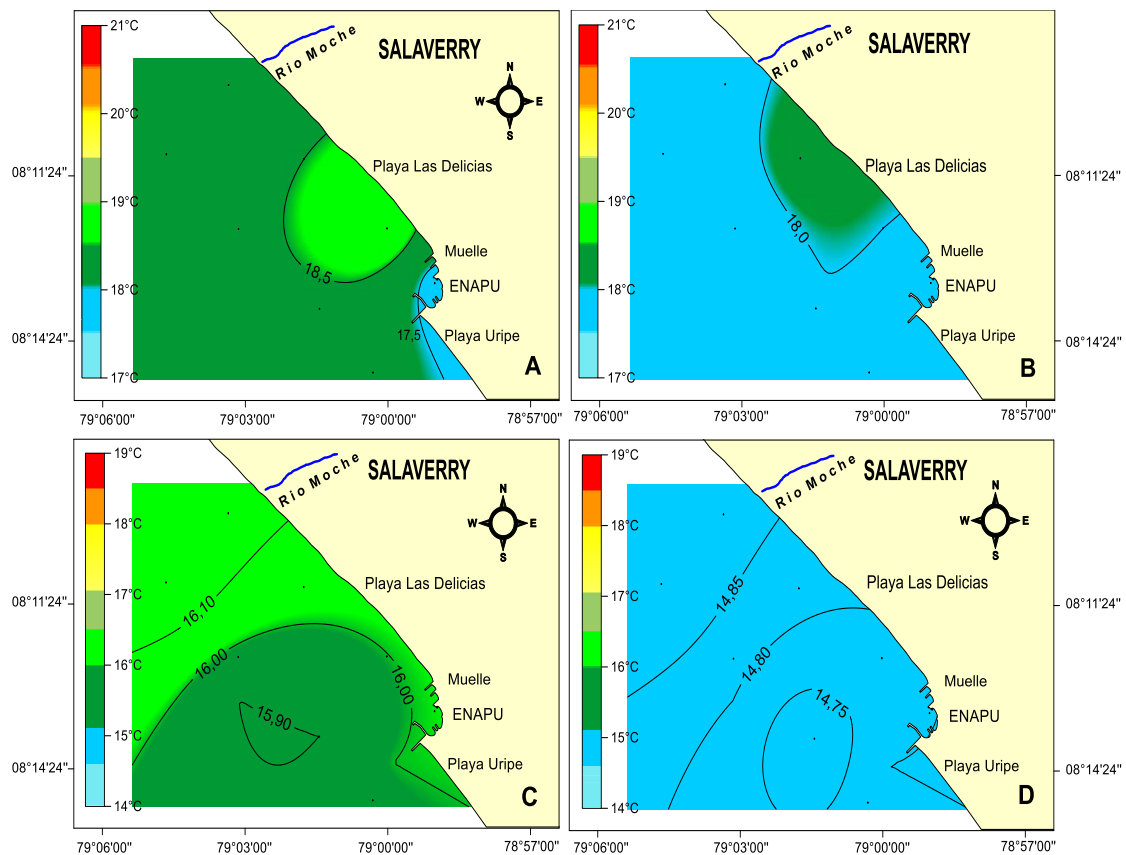


Figura 6. Distribución de la temperatura en Salaverry, diciembre 2016 (A: superficial y B: sub superficial) y mayo 2017 (C: superficial y D: sub superficial).

La penetración de luz medida como transparencia presentó valores decrecientes hacia el borde costero, para diciembre 2016 isolíneas de 1 y 4 m; mientras que, en mayo 2017 isolíneas de 1 a 5 m. (Fig. 7).

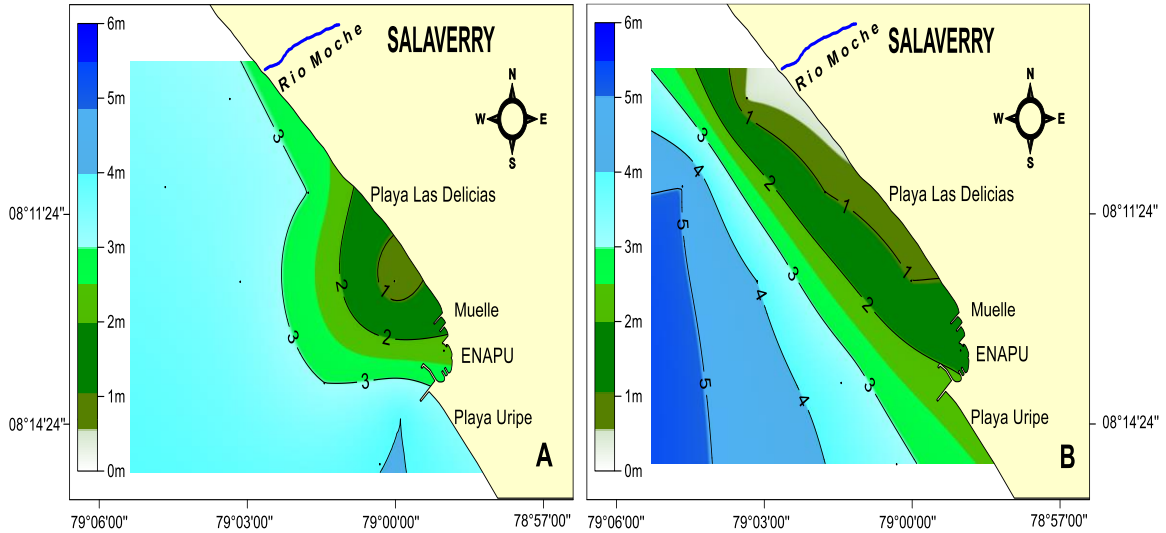


Figura 7. Distribución de la transparencia en Salaverry, diciembre 2016 (A: superficial y B: sub superficial) y mayo 2017 (C: superficial y D: sub superficial).

Los sólidos suspendidos totales en el nivel superficial oscilaron en un rango de 25,5 a 127,5 mg/L, originando isolíneas de 30 a 120 mg/L en diciembre 2016; mientras que, mayo varió de 123,5 a 142,5 mg/L alcanzó un promedio de 22,17 mg/L, generando isolíneas de 20,0 y 30 mg/L, valores superiores a 30,0 mg/L se encontraron frente a la bocana del río Moche. A un metro del fondo los sólidos suspendidos totales variaron de 13,0 a 173,0 mg/L en diciembre 2016 y mayo 2017, las concentraciones promedios se incrementaron de 132,0 a 160,0 mg/L; respectivamente (Fig. 8).

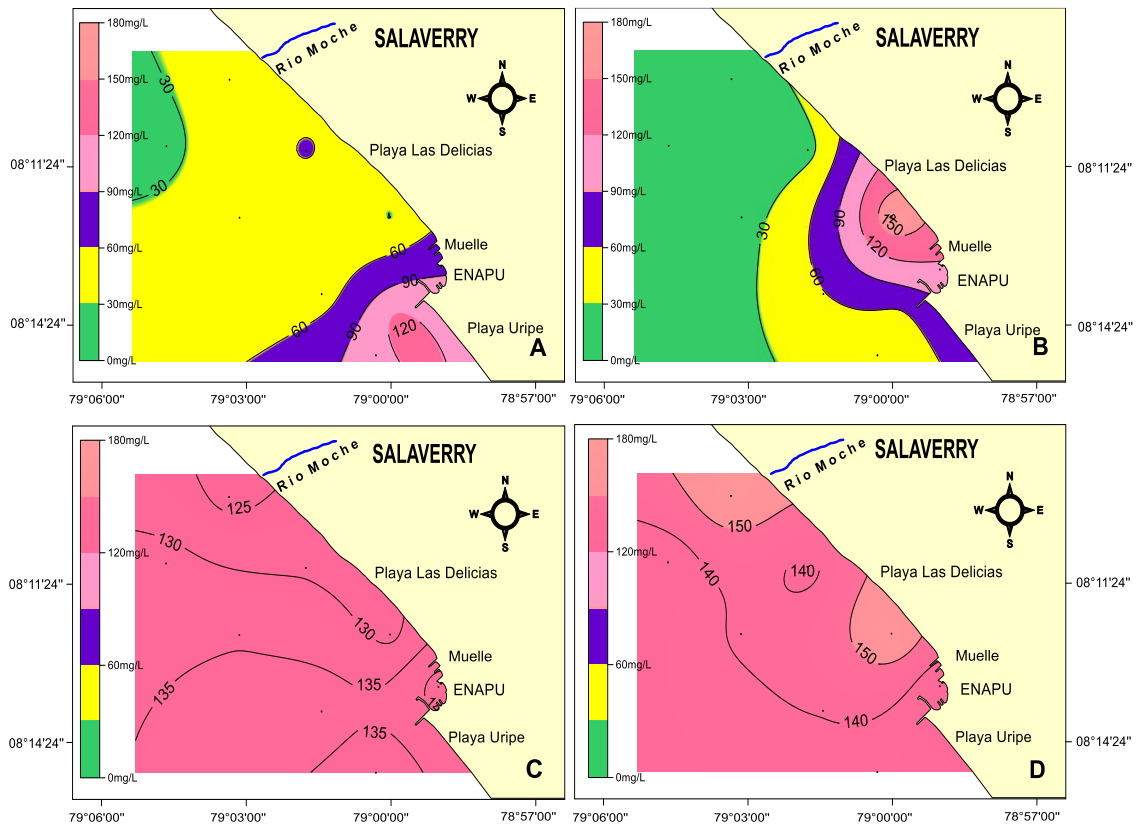


Figura 8. Distribución de solidos suspendidos totales en Salaverry, diciembre 2016 (A: superficial y B: sub superficial) y mayo 2017 (C: superficial y D: sub superficial).

En diciembre 2016 el oxígeno disuelto en la superficie marina, varió entre 1,6 y 11,0 mg/L, originando iso-oxigenas de 2,0 a 10,0 mg/L, la hiperoxia (iso oxigena mayores a 8,0 mg/L) fue ubicada hacia mar afuera; mientras que, en mayo se encontró frente al rio Moche los valores más altos (iso-oxigena de 5,0 mg/L). Los promedios fueron 7,90 y 4,16 mg/L para diciembre 2016 y mayo 2017; respectivamente. En la sub superficie marina, en diciembre 2016 las concentraciones de oxigeno oscilaron de 0,40 a 1,40 mg/L, la mayor concentración, iso-oxigena de 1,0 mg/L, se encontró entre las Playas de Uripe y Las Delicias; en tanto que, en mayo frente a ENAPU y Las Delicias, los promedios fueron 0,70 y 1,57 mg/L respectivamente (Fig. 9).

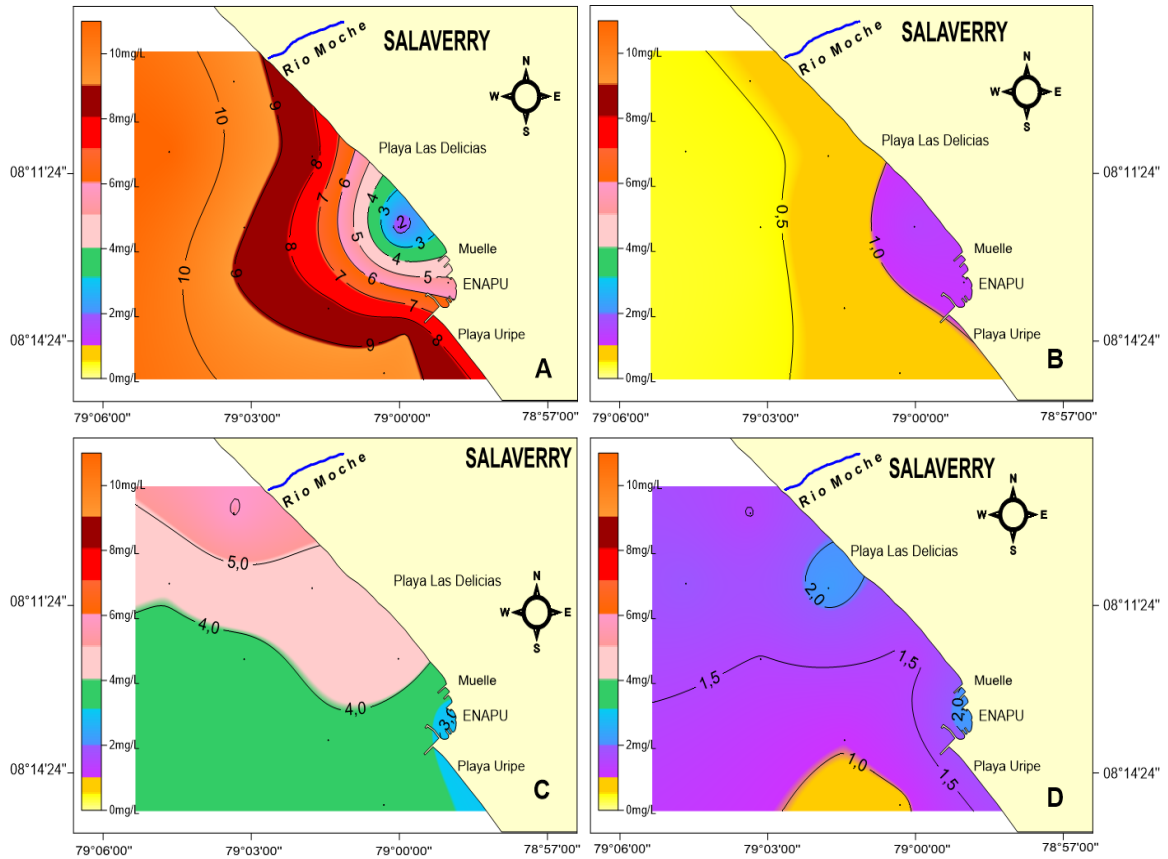


Figura 9. Distribución del oxígeno en Salaverry, diciembre 2016 (A: superficial y B: sub superficial) y mayo 2017 (C: superficial y D: sub superficial).

En la superficie del mar el pH fue ligeramente alcalino para diciembre 2016 y mayo 2017, isólineas de 7,80 a 8,30, decrecieron hacia la línea costera de Salaverry. En el fondo la distribución fue muy homogénea, con isólineas de 7,70 a 7,90 respectivamente (Fig. 10).

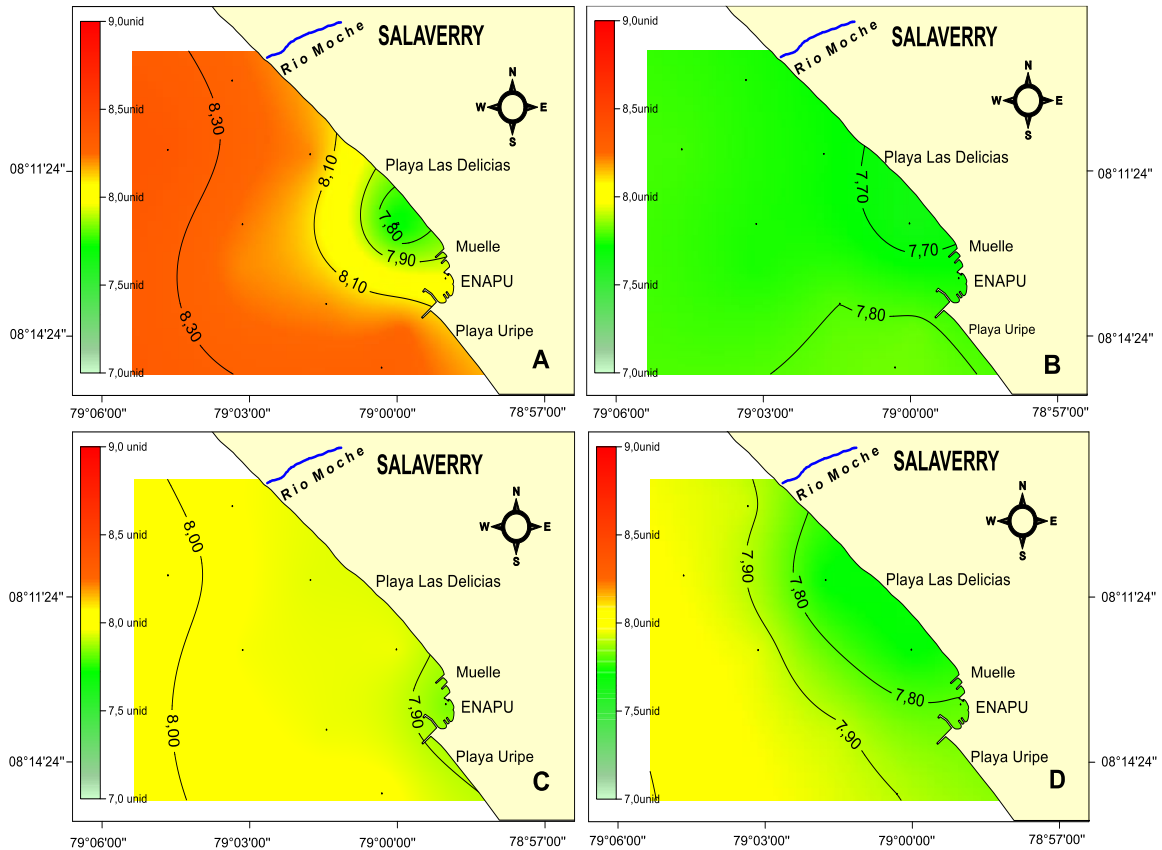


Figura 10. Distribución del pH en Salaverry, diciembre 2016 (A: superficial y B: sub superficial) y mayo 2017 (C: superficial y D: sub superficial).

En diciembre 2016, los fosfatos en la superficie marina aumentaron hacia en borde costero, iso-fosfatos paralelas a la costa de 0,10 a 0,80 mg/L; en cambio, en mayo 2017 decrecieron con isolneas de 0,20 a 0,25 mg/L. Los promedios en la superficie marina fueron 0,30 y 0,23 mg/L, respectivamente; estos se incrementaron con la profundidad en 0,31 y 0,04 mg/L; las mayores concentraciones, isolneas de 0,50 a 0,80 mg/L, fueron observadas en el nivel sub superficial en diciembre 2016 (Fig. 11).

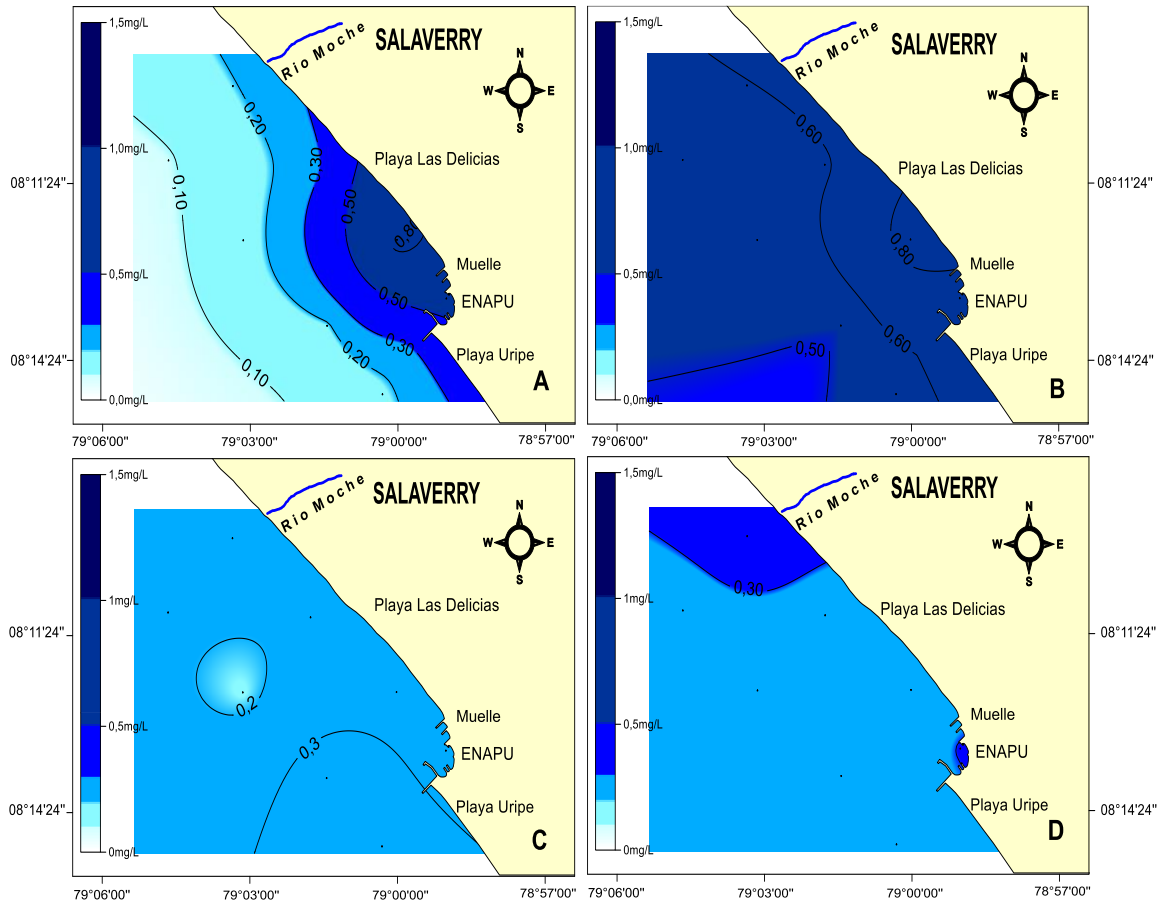


Figura 11. Distribución de los fosfatos en Salaverry, diciembre 2016(A: superficial y B: sub superficial) y mayo 2017 (C: superficial y D: sub superficial).

En la superficie marina los silicatos promedios alcanzaron 0,93 mg/L en diciembre 2016 y 1,92 mg/L mayo 2017, originando isoclinas de 0,5 a 4,0 mg/L. Por otro lado, en el nivel sub superficial los promedios se incrementaron a 3,22 y 2,30 mg/L, respectivamente; valores máximos fueron ubicados frente al rio moche (superficie 2017 y fondo 2016) (Fig. 12).

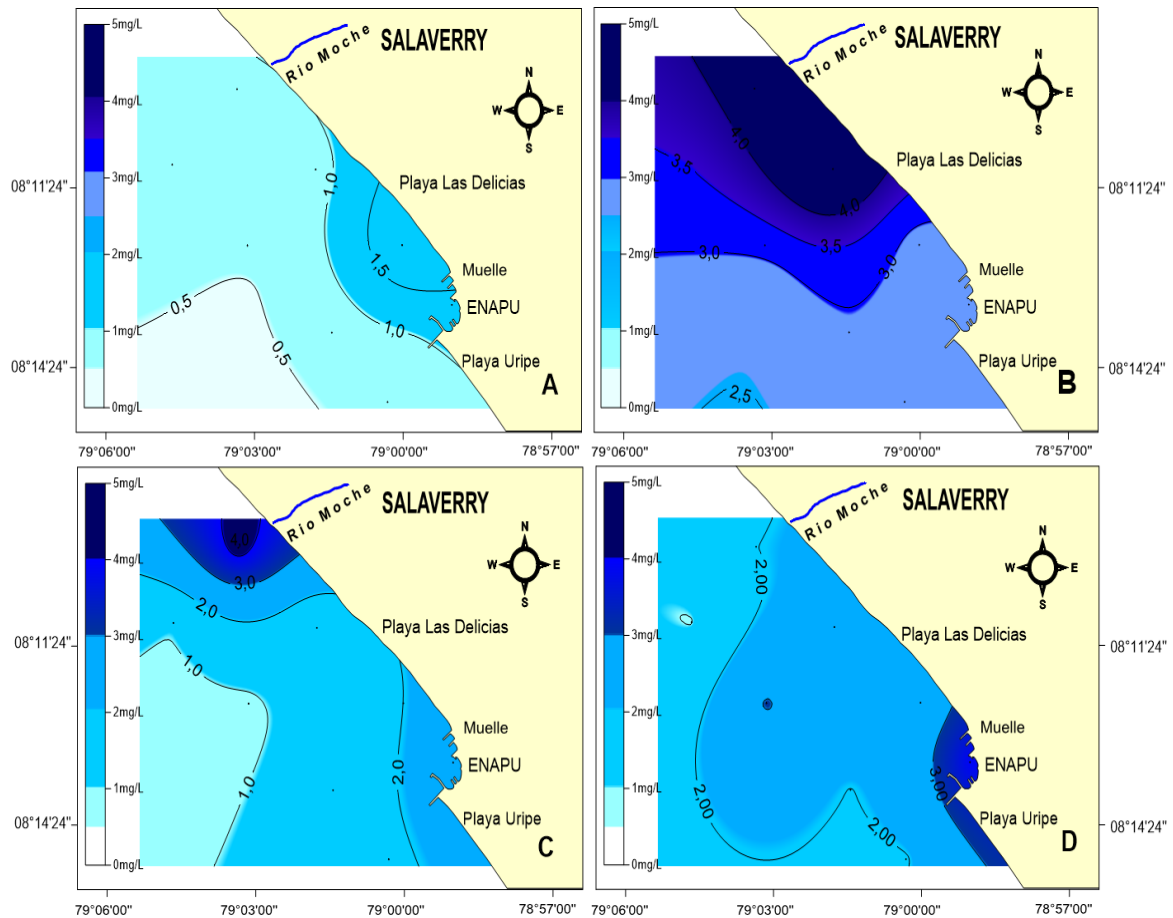


Figura 12. Distribución de los silicatos en Salaverry, diciembre 2016(A: superficial y B: sub superficial) y mayo 2017 (C: superficial y D: sub superficial).

Los valores de nitratos superficiales (diciembre 2016) mostraron una tendencia creciente de Norte a Sur, isolneas de 0,05 a 0,30 mg/L; en tanto que, en mayo 2017 fueron ubicados frente al rio Moche, isolínea de 3,0 mg/L. Los promedios fueron 0,15 y 2,17 mg/L, respectivamente. A un metro del fondo diciembre 2016, presentó similar tendencia con la superficie; contrariamente a mayo 2017 (Fig. 13).

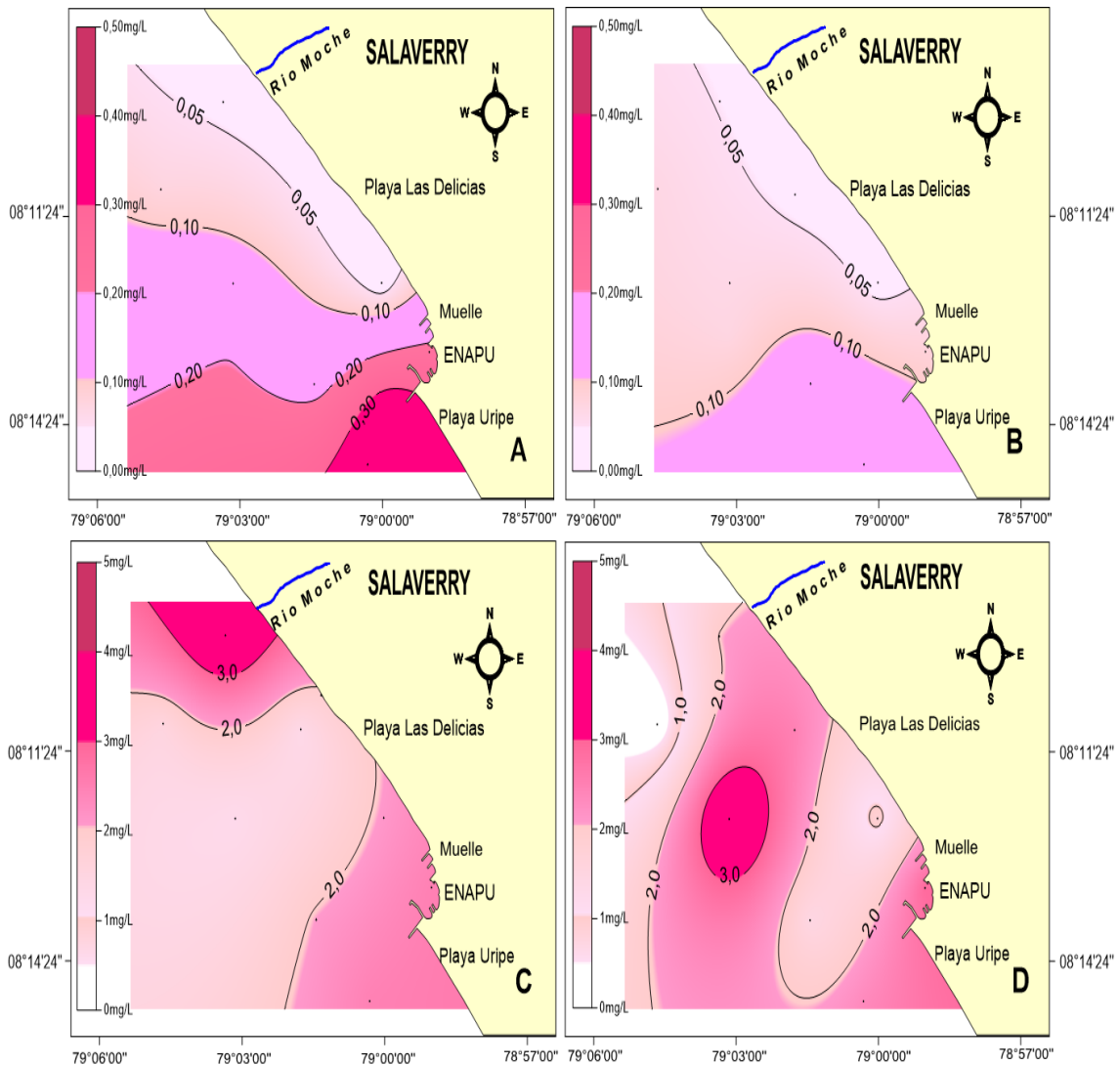


Figura 13. Distribución de los nitratos en Salaverry, diciembre 2016(A: superficial y B: sub superficial) y mayo 2017 (C: superficial y D: sub superficial).

En diciembre 2016, en la superficie marina la isolínea de nitratos que predominó fue 0,02 mg/L, valores > 0,03 mg/L fueron encontrados cerca al Muelle Artesanal Pesquero, así como a 3,0 mn mar afuera; en mayo 2017 prevaleció concentraciones < 0,05 mg/L. La concentración se incrementó ligeramente con la profundidad los promedios fueron 0,02 mg/L (diciembre 2016) y 0,05 mg/L (mayo 2017). (Fig. 14).

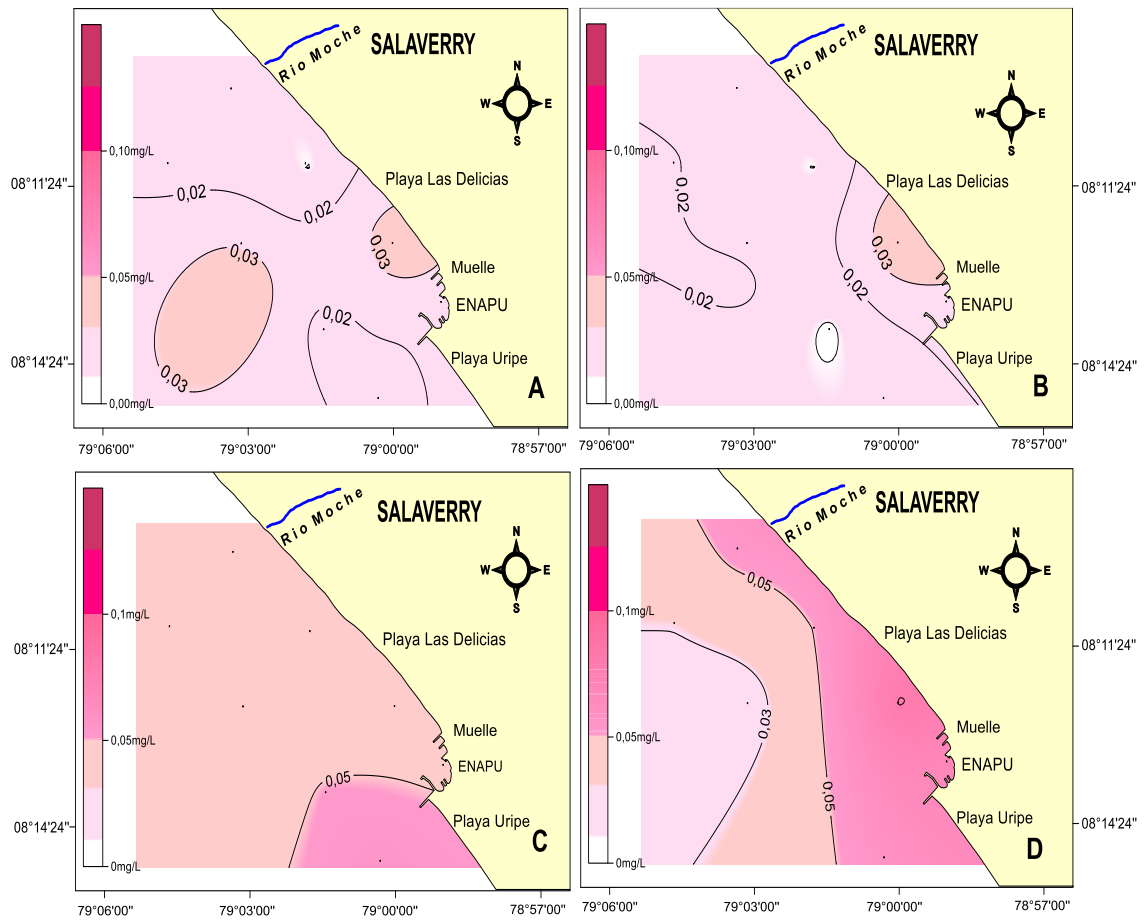


Figura 14. Distribución de los nitritos en Salaverry, diciembre 2016 (A: superficial y B: sub superficial) y mayo 2017 (C: superficial y D: sub superficial).

La concentración de aceites y grasas oscilaron de 1,20 a 2,90 mg/L para diciembre 2016; mientras que, de 0,50 a 2,50 mg/L para mayo 2017; los promedios fueron 1,92 y 1,44 mg/L, respectivamente (Fig. 15).

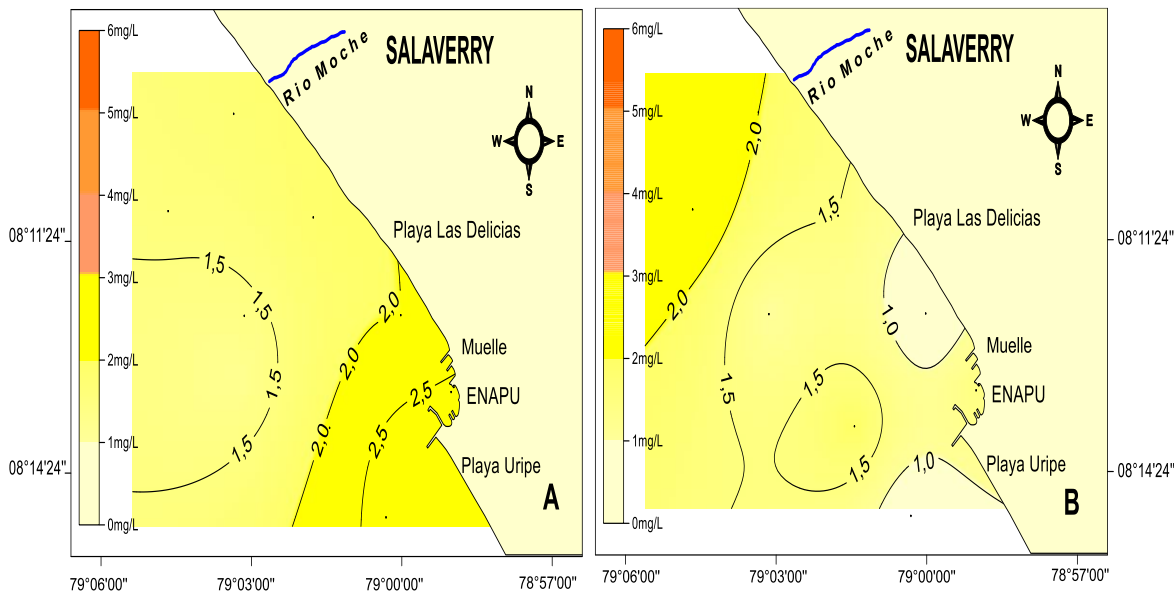


Figura 15. Distribución de los aceites y grasas, en el nivel superficial en Salaverry, diciembre 2016 (A) y mayo 2017 (B).

En ambos niveles de profundidad la concentración de coliformes totales y Termotolerantes que predominaron fueron menores a 1,8 NMP/100 mL, excepto la estación próxima a la desembocadura del río Moche donde alcanzó 350 NMP/100mL (Fig. 16).

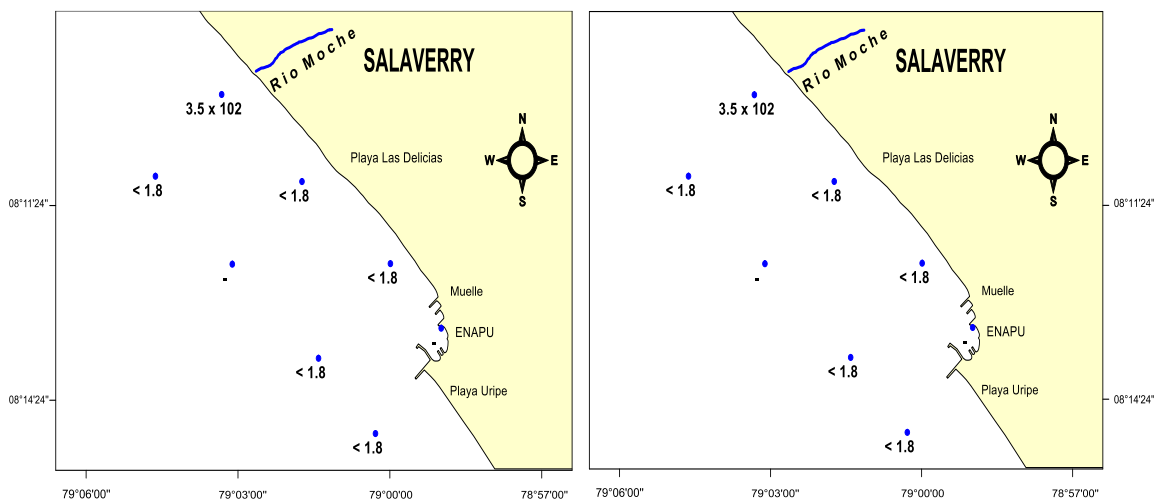


Figura 16. Distribución de Coliformes Totales y Termotolerantes en el nivel superficial en Salaverry, mayo 2017.

La demanda bioquímica de oxígeno en diciembre 2016 presentó isolinias de 3 a 5 mg/L, los valores máximos fueron ubicaron en el norte; en tanto que, mayo 2017 las isolinias variaron entre 2 y 6 mg/L, en gran parte del área imperaron concentraciones >5 y <6 mg/L, los promedios fueron 4,28 y 5,37 mg/L (Fig.17).

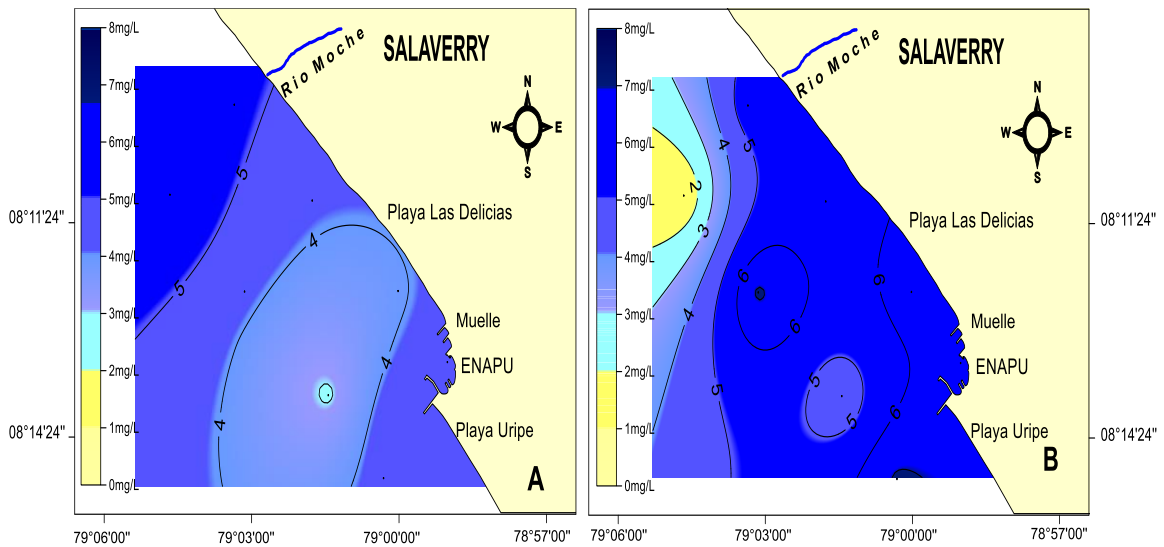


Figura 17. Distribución de demanda bioquímica de oxígeno en el nivel superficial en Salaverry, diciembre 2016 (A) y mayo 2017 (B).

La composición granulométrica del sedimento superficial marino de diciembre 2016 estuvo conformada fango con 77,8 % en la estación 3; mientras que, mayo 2017 destacó la Estación 5 a 500 m de las Delicias conformada 54,0 % de arena fina 41,1% arena media y con 3,9 % fango (Fig.18).

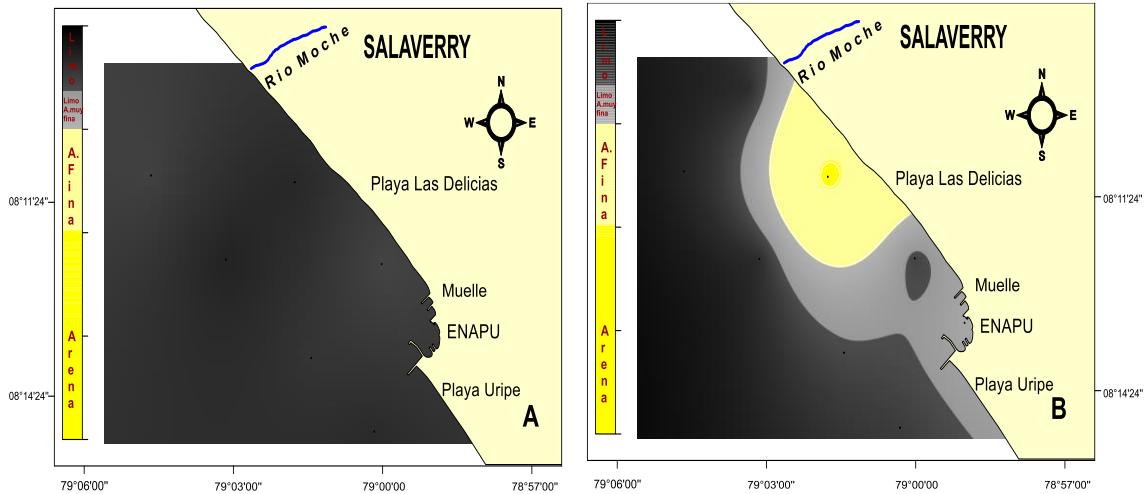


Figura 18. Distribución de granulometría en fondo marino en Salaverry, diciembre 2016 (A) y mayo 2017 (B).

El contenido de materia orgánica total fluctuó entre 3,29 a 6,60 % en diciembre 2016, el promedio fue 4,55 %; mientras que, en mayo 2017 varió de 3,69 a 6,50 %, el promedio alcanzando fue 5,80 %. En ambos muestreos el sedimento fue de color oscuro entre negro y gris (Fig.19).

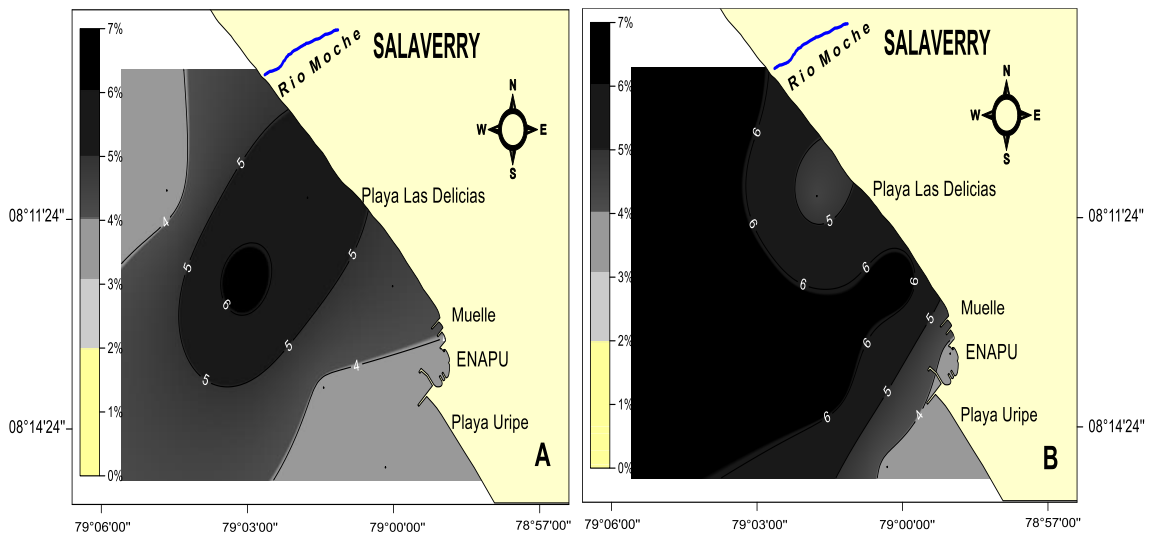


Figura 19. Distribución de materia orgánica total en Salaverry, diciembre 2016 (A) y mayo 2017 (B).

En cuanto a los metales pesados la concentración de cadmio total fluctuó entre 0,93 a 3,10 mg/Kg, originando isolíneas de 2,0 a 3,0 mg/kg, la mayor concentración se ubicó hacia el margen izquierdo del rio Moche y en la estación 2 presentó un núcleo de 3,0 mg/kg, el promedio 2,02 mg/Kg (Fig.20).

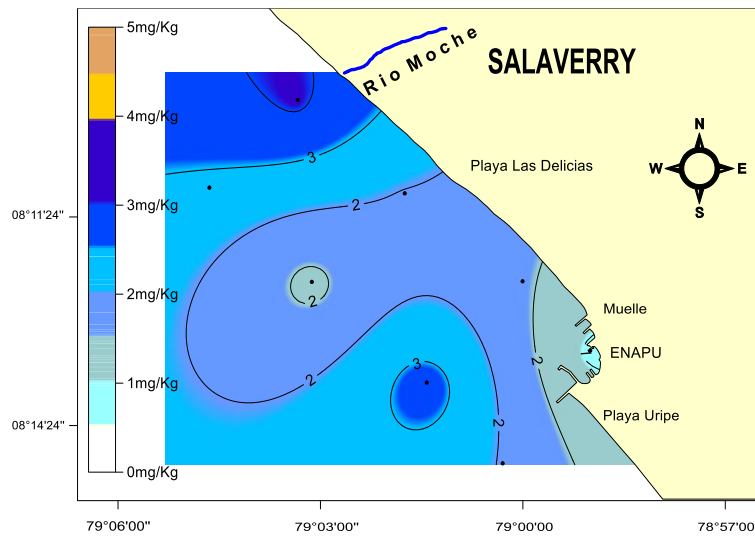


Figura 20. Distribución y concentración de cadmio en la superficie marina de Salaverry, mayo 2017.

La concentración de plomo total fluctuó entre 18,3 a 43,1 mg/Kg, originando isolíneas de 20,0 a 41,0 mg/kg, con un ligero crecimiento hacia mar afuera, el promedio fue de 33,3 mg/Kg (Fig.21).

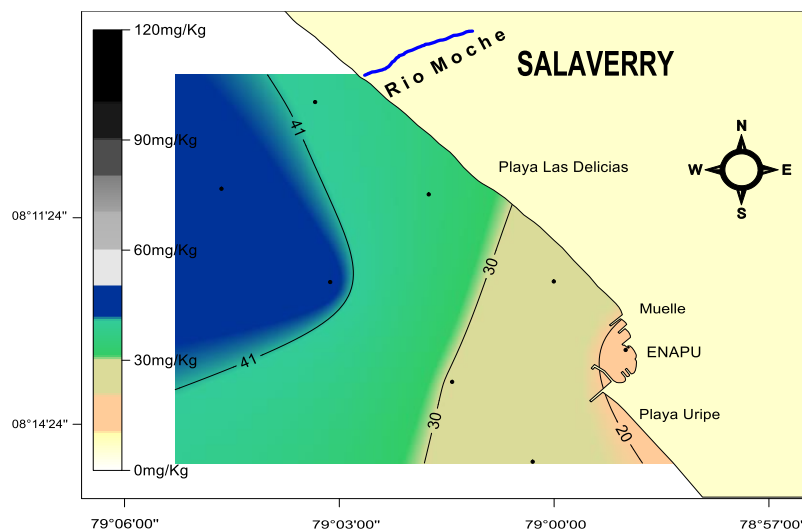


Figura 21. Distribución y concentración de plomo en la superficie marina de Salaverry, mayo 2017.

En el sedimento superficial marino, el mercurio total, predominó con valores menores a 0,082 mg/Kg, en toda el área muestreada (Fig.22).

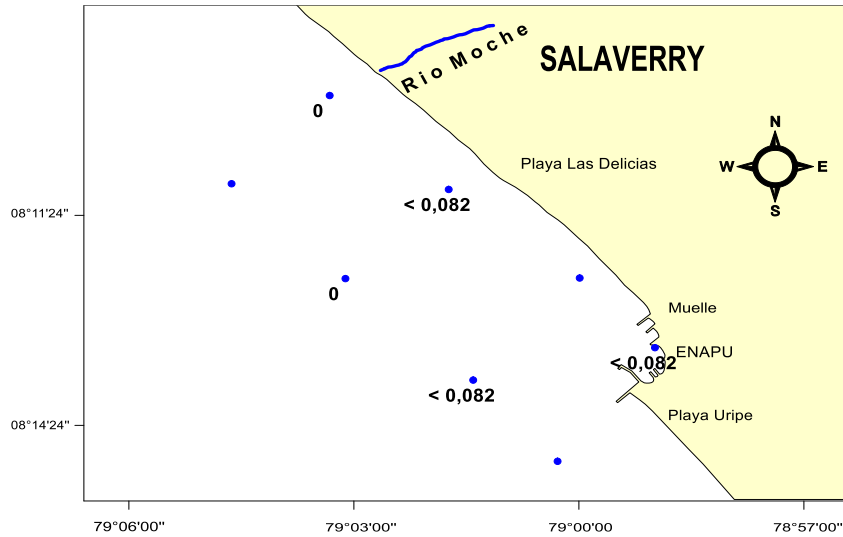


Figura 22. Distribución y concentración de mercurio en la superficie marina de Salaverry, mayo 2017.

En el sedimento superficial marino, el zinc total, varió de 75,7 a 178,7 mg/Kg, el promedio fue 133,4 mg/Kg. La menor concentración se ubicó alrededor del Muelle Artesanal Pesquero (Fig. 23).

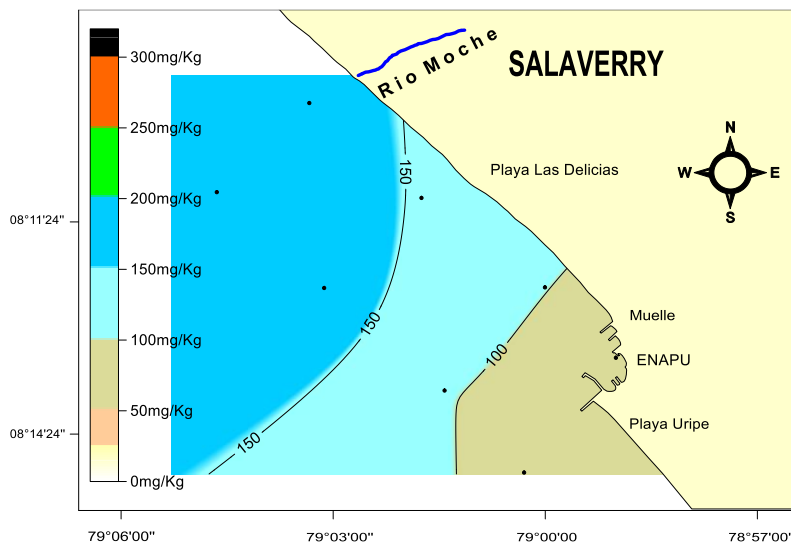


Figura 23. Distribución y concentración de zinc en la superficie marina de Salaverry, mayo 2017.

En cuanto a la composición de Macrobentos, en diciembre 2016, las muestras procedieron de seis estaciones; se registró un total de cuatro especies pertenecientes a tres órdenes taxonómicas superiores, el Phylum más diverso fue Annelida con tres especies (78,8%), y menos diverso Arthropoda con 1 especie (21,2%) (Tabla 4).

Las especies que presentaron las mayores frecuencias de ocurrencia fueron los poliquetos *Pherusa sp.* con 36,4 % (Tabla 4).

En la muestras hubo abundante restos vegetales, vertebras de peces, valvas de *Mulinia sp.*, *Natica sp.*, *Xantochorus sp.* y *Semele sp.*

Tabla 4. Composición porcentual de macrobentos por estación en el sub mareal de Salaverry, diciembre 2016.

				1	2	3	4	5	6	Total	%
Phylum	Clase	Orden	Especie								
Artrópoda	Malacostraca	Decapoda	<i>Hepatus sp</i>	1	1	1	1	2	1	7,0	21,2
Annélida	Polychaeta	Terebellida	<i>Pherusa sp</i>	1	1	1	1	1	7	12,0	36,4
			<i>Cirratulidae</i>	1	1	1	1	2	1	7,0	21,2
	Polychaeta	Spionida	<i>Magelona sp</i>	1	1	1	1	1	2	7,0	21,2
Total				4	4	4	4	6	11	33	100
%				12,1	12,1	12,1	12,1	18,2	33,3	100	

En cuanto al índice de diversidad alfa (α): los valores de riqueza de Margalef presentaron mayor diversidad fluctuando entre 1,25 y 2,16. Para el índice de Shannon Wiener de diversidad varió de 1,03 a 1,39 bist/Ind. Por otro lado, el índice de Pielou osciló de 0,7 a 1,0 (Tabla.5).

Tabla 5. Índices de diversidad del macrobentos en las estaciones del sub mareal de Salaverry, diciembre 2016.

Estaciones	Riqueza (S)	N	Margalef (d')	Equidad de Pielou (J')	Shannon y Wiener (H')	Dominancia Simpson(γ)
E1	4	4	2,16	1,00	1,39	1,00
E2	4	4	2,16	1,00	1,39	1,00
E3	4	4	2,16	1,00	1,39	1,00
E4	4	4	2,16	1,00	1,39	1,00
E5	4	6	1,67	0,96	1,33	0,87
E6	4	11	1,25	0,75	1,03	0,60

La composición de macrobentos en mayo 2017, estuvo conformada por ocho especies pertenecientes a tres órdenes taxonómicas, el Phylum más diverso fue Annelida con cinco especies (68,6%), y menos diverso Arthropoda con dos especies (20,7%) y Mollusca con una especie (10,9%) (Tabla 6). Las especies que presentaron las mayores frecuencias de ocurrencia fueron los poliquetos *Pherusa sp* (20,7%) (Tabla 6).

Tabla 6. Composición porcentual del macrobentos por estación en el sub mareal de Salaverry, diciembre 2016.

Phylum	Clase	Orden	Especie	Estación								Total	%	
				1	2	3	4	5	6	7	8			
mollusca	Bivalvia		<i>Mulinia sp</i>	3	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10,9
Artrópoda	Malacostraca	Decapoda	<i>Hepatus sp</i>	1	1	1	1	3	1	1	1	1	10	10,9
		Decapoda	<i>Diogenes sp</i>	1	1	2	1	1	1	1	1	1	9	9,8
Annelida	Polychaeta	Terebellida	<i>Pherusa sp</i>	1	1	7	1	1	6	1	1	1	19	20,7
			<i>Cirratulidae</i>	1	1	1	1	2	1	1	1	1	9	9,8
	Polychaeta		<i>Capitella</i>	2	1	2	1	1	1	1	1	1	10	10,9
			<i>Nemertino</i>	3	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10,9
	Polychaeta	Spionida	<i>Magelona sp</i>	2	1	6	1	1	2	1	1	15	16,3	
Total				14	8	21	8	11	14	8	8	92	100	
%				15,2	8,7	22,8	8,7	12,0	15,2	8,7	8,7	100		

En cuanto a la riqueza de Margalef fluctuó entre de 2,30 a 3,37 y índice de Shannon Wiener de diversidad varió entre 1,75 y 2,08 bist/ind. Por otro lado, el índice de Pielou osciló de 0,84 a 1,00 (Tabla. 7).

Tabla 7. Índices de diversidad del macrobentos en las estaciones en la sub mareal de Salaverry, mayo 2017.

Estaciones	Riqueza (S)	N	Margalef (d')	Equidad de Pielou (J')	Shannon y Wiener (H')	Dominancia Simpson(γ)
E1	8	14	2,65	0,95	1,97	0,91
E2	8	8	3,37	1,00	2,08	1,00
E3	8	21	2,30	0,84	1,75	0,82
E4	8	8	3,37	1,00	2,08	1,00
E5	8	11	2,92	0,95	1,97	0,93
E6	8	14	2,65	0,85	1,77	0,82
E7	8	8	3,37	1,00	2,08	1,00
E8	8	8	3,37	1,00	2,08	1,00

En la zona intermareal en diciembre 2016, la temperatura superficial del mar aumentó de norte a suroeste, con un promedio de 17,8°C. En la estación F, se encontraron los valores máximos en oxígeno (9,19 mg/L), pH (8,08), fosfatos (0,98 mg/L), silicatos (3,47 mg/L) y nitritos (0,09 mg/L). En la Estación B, muelle artesanal de Salaverry, el pH varió de 7,83 a 8,08 Unidades. En las estaciones E y los Sólidos Suspendidos Totales fluctuaron de 14,0 a 99,0 mg/L (Tabla. 8).

Tabla 8.- Valores de los parámetros físicos y químicos en la intermareal de Salaverry, diciembre 2016.

SALAVERRY	Mínimo	Estación	Máximo	Estación	Promedio
T °C	15,9	E	19,9	A	17,8
O2 (mg/L)	7,21	B	9,19	F	8,55
pH	7,83	B	8,08	F	8,95
SST (mg/L)	14,0	D	99,0	E	38,8
MOT (%)	1,39	C	2,09	A	1,7
PO4 (mg/L)	0,39	C	0,98	F	0,62
SIO4 (mg/L)	1,99	A	3,47	F	2,94
NO3 (mg/L)	0,22	B	1,99	E	0,68
NO2 (mg/L)	0,03	D y E	0,09	F	0,05

En la zona intermareal en mayo 2017, la temperatura superficial del mar aumentó de norte a suroeste, con promedio 17,6 °C. En la estación F, se encontraron los valores máximos en oxígeno, pH, fosfatos, silicatos y nitritos (Tabla. 9). En la Estación B, el oxígeno fluctuó entre 8,49 y 10,61 mg/L, el pH fluctuó entre 7,98 y 8,06. En las estaciones E y F los Sólidos Suspendidos Totales fueron mayores a 30 mg/L. los coliformes totales y termotolerantes fluctuaron de 1,8 a 17,0 NMP/100ml para las estaciones A-D y E respectivamente (Tabla. 9).

Tabla 9.- Valores de los parámetros físicos y químicos y biológicos en la intermareal de Salaverry, mayo 2017.

SALAVERRY	Mínima	Estación	Máxima	Estación	Promedio
T °C	18,2	A	19	F	18,6
O2 (mg/L)	8,49	B	10,61	F	9,2
pH	7,98	B	8,06	F	8,02
SST (mg/L)	143,5	C	170	E	154,5
MOT (%)	1,39	C	2,09	A	1,7
PO4 (mg/L)	0,25	E	0,43	C	0,35
SIO4 (mg/L)	2,09	C	3,23	B	2,71
N03 (mg/L)	0,64	D	2,12	A	1,03
N02 (mg/L)	0,06	E	0,08	B y C	0,07
CT NMP/100 mL	1,80	A y D	170,00	E	64,52
CTERM NMP/100mL	1,80	A y D	170,00	E	64,52
DBO5 (mg/L)	2,12	F	3,27	D	2,69

Los agentes contaminantes en la biodiversidad macrobentónica presentaron en mayo 2017 los valores promedios máximos; con respecto a diciembre 2016 (Tabla.10).

Tabla 10. Valores promedios de los agentes físicos, químicos y biológicos en agua y sedimento en diciembre 2016 y mayo 2017.

Factor		Puntaje parcial	Parámetro	Dic_2016	May_2017	
Abiótico	Agua	1	Físico químico	T °C	16,00	18,30
				SST (mg/L)	55,50	132,40
				O2 (mg/L)	7,90	4,16
				pH	8,20	7,95
				PO4 (mg/L)	0,30	0,23
				SIO4 (mg/L)	0,93	1,92
				NO3 (mg/L)	0,15	2,17
				NO2 (mg/L)	0,02	0,04
				AYG (Mg/L)	1,92	1,44
				Sedimento	3	Físico químico
MOT (%)	4,55	5,54				
Biótico	4	Macrobentos		<1-2	<1-2	

El factor agua para agentes físico químico y microbiológico alcanzó 0,85 y 1,32 para ambos muestreos; en cambio, el sedimento varió de 1,5 a 1,0 puntos, finalmente el puntaje total fue 5,0 y 4,50 para diciembre 2016 y mayo 2017 (Tabla.11).

Tabla 11. Matriz para la valoración de los agentes contaminantes en la biodiversidad macrobentónica, diciembre 2016 y mayo 2017.

Factor	Puntaje parcial	Agente contaminante	Dic_2016	May_2017	
Abiótico	1	Físico químico	T (°C)	3	3
			SST (mg/L)	1	1
			O2 (mg/L)	3	3
			pH (Unid)	3	3
			NO3 (mg/L)	3	3
			AYG (mg/L)	2	2
	Agua	Sub total		0,85	0,85
	2	Microbiológicos	DBO5 (mg/L)	2	2
			CT (NMP/100mL)	2	2
			CT (NMP/100mL)	2	2
	Sub total		1,32	1,32	
Sedimento	3	Físico químico	Granulometría (mm)	1	1
			MOT (%)	1	2
			Sub total	1,0	1,50
Bio indicador					
Biótico	4	Biológico	Bentos (H') bits/ind.	1	1
			Sub total	2,33	2,33
Total		10	5,83	6,33	

El análisis multivariado del macrobentos y su clasificación jerárquica (cluster) en diciembre 2016, permitió distinguir dos grupos con similitud al 20%, un grupo principal constituido por las estaciones de muestreo del macrobentos submareal 5, 2, 4, 1 y 3 (Fig. 21) basándose en la composición específica y la abundancia de éstas. En este grupo las estaciones estuvieron ubicadas entre 9 y 11 m de profundidad y se encontraron varias especies de poliquetos entre los que destacan la familia *Cirratulidae* y la especie *Magelona sp.* asociados a sedimentos fangosos con restos de conchuela y bajo oxígeno en el fondo menores a 1,09 mL/L).

La estación 6, localizada entre Playa Las Delicias y el Muelle fue la única que no formó parte del grupo, se caracterizó por presentar sedimento semireducido relacionado con sustrato del tipo fango con olor a sulfuroso y valores de oxígeno disuelto en el fondo de 0,85 mL/L. En este grupo se caracterizó por la dominancia del poliqueto *Pherusa sp.* (Fig. 24).

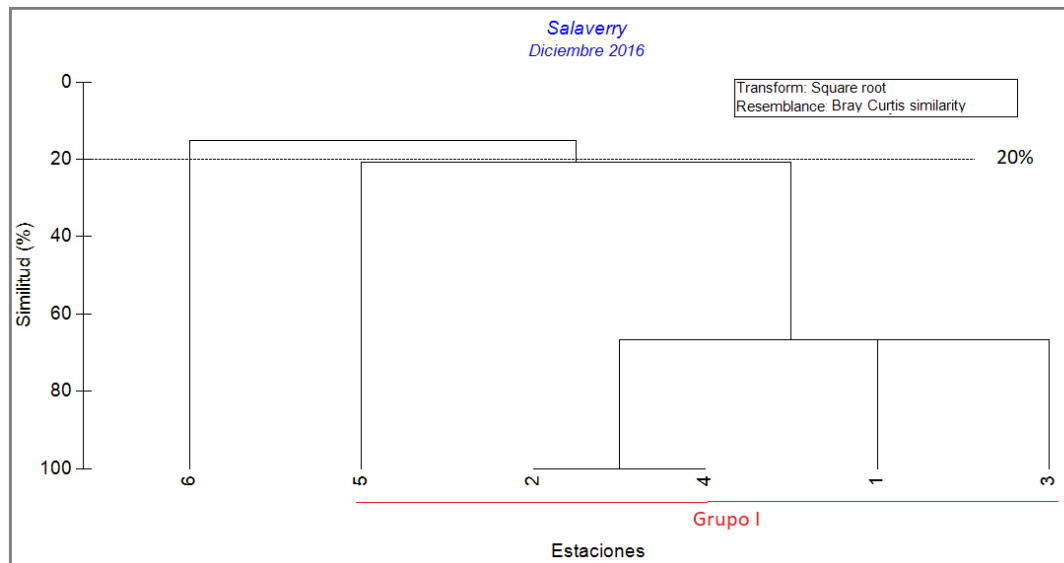


Figura 24. Dendrograma de estaciones de muestreo basado en similitudes de Bray-Curtis de especies a partir de abundancias transformadas. El grupo está definido a un nivel arbitrario de similaridad al 20% diciembre 2016.

En mayo 2017, el análisis de clasificación o “cluster” con similaridad al 49% permitiendo distinguir dos grupos constituidos por las estaciones de muestreo del macrobentos submareal basándose en la composición específica y la abundancia de éstas; el grupo 1 estuvo constituido por las estaciones 5, 8, 7, 2, 4, y el grupo 2 por las estaciones 1, 3, 6 (Fig. 25). El primer grupo de estaciones estuvo ubicado entre 9 y 11 m de profundidad y se caracterizó por la presencia de varias especies de poliquetos entre los que destacaron la familia *Cirratulidae*, y las especies *Magelona sp.* y *Capitella sp.* asociados a sedimentos fangosos con restos de conchuela y baja concentración oxígeno disuelto en el fondo menores a 1,70 mL/L.

El segundo grupo de estaciones se caracterizó por presentar sedimento semireducido relacionado con sustrato del tipo limo fangoso y restos de conchuela con olor sulfuroso y valores de oxígeno disuelto en el fondo de 0,85 mL/L. Estas características fueron propias de profundidades más de (E1 y E3) y la más somera (E6) (Fig. 25).

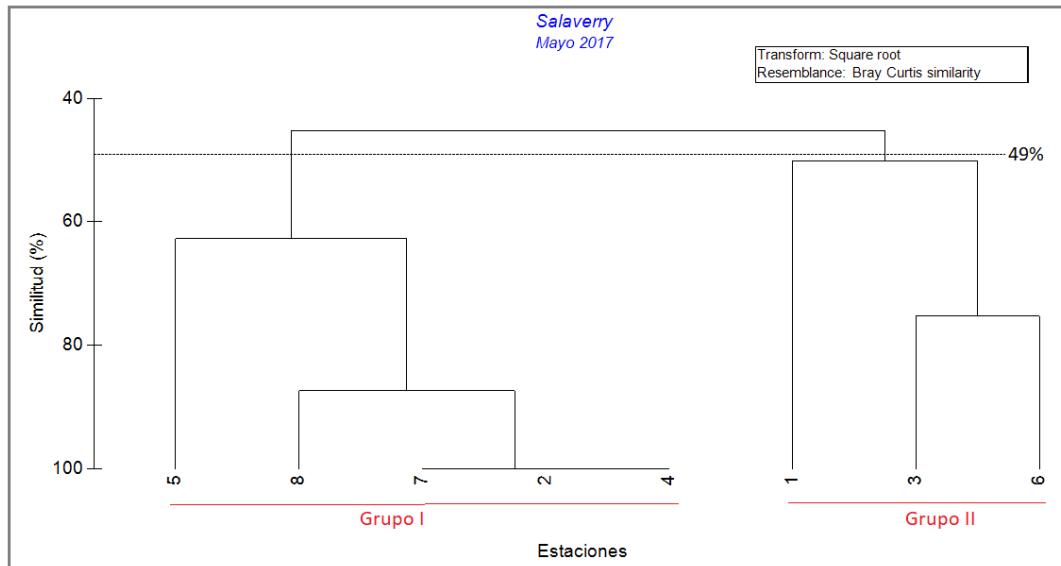


Figura 25. Dendrograma de estaciones de muestreo basado en similitudes de Bray-Curtis de especies a partir de abundancias transformadas. El grupo está definido a un nivel arbitrario de similaridad al 49% mayo 2017.

En diciembre 2016 la Ordenación por Escala Multidimensional (MDS) la ordenación de las estaciones basada en la abundancia de la macrofauna bentónica con transformación raíz cuadrada y con un coeficiente de estrés = 0, muestra una agrupación en la parte superior media de las estaciones E4, E2, y E3; mientras que la ubicación de los demás sitios muy alejados entre si indica una composición comunitaria distinta a las demás estaciones (Fig. 26).

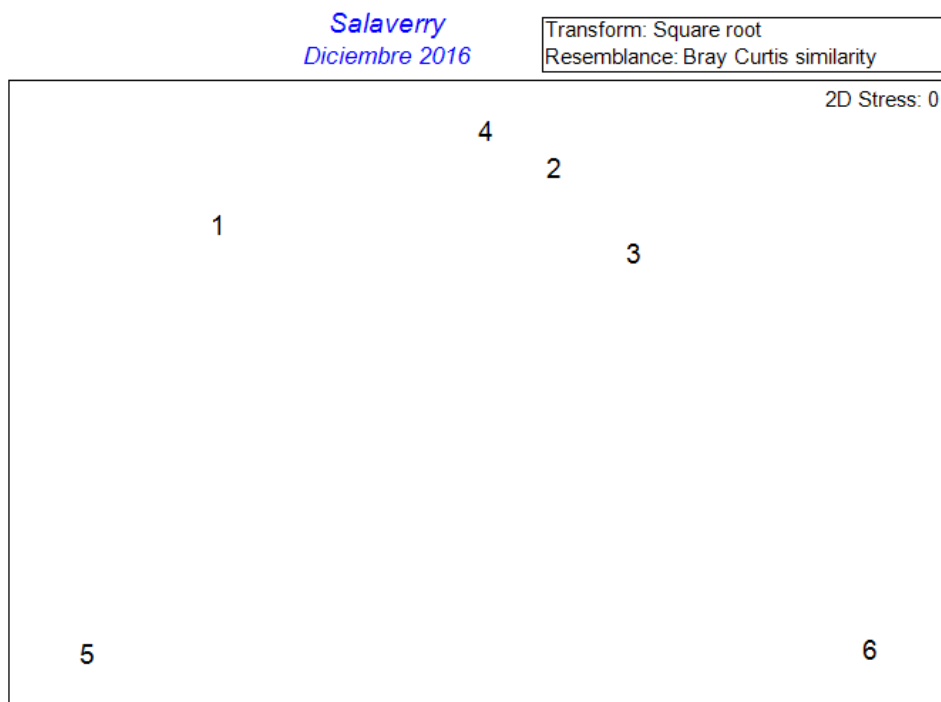


Figura 26. Ordenación del Análisis de Escalamiento Multidimensional de las ocho estaciones de muestreo basada en las abundancias de especies (Stress = 0.0) diciembre 2016.

En mayo 2017, el MDS de las estaciones de muestreo indicó la presencia de un grupo bien configurado constituido por las estaciones 2, 4 y 7, mientras que la ubicación de los demás sitios refleja una gran disimilaridad entre éstas (Fig. 27).

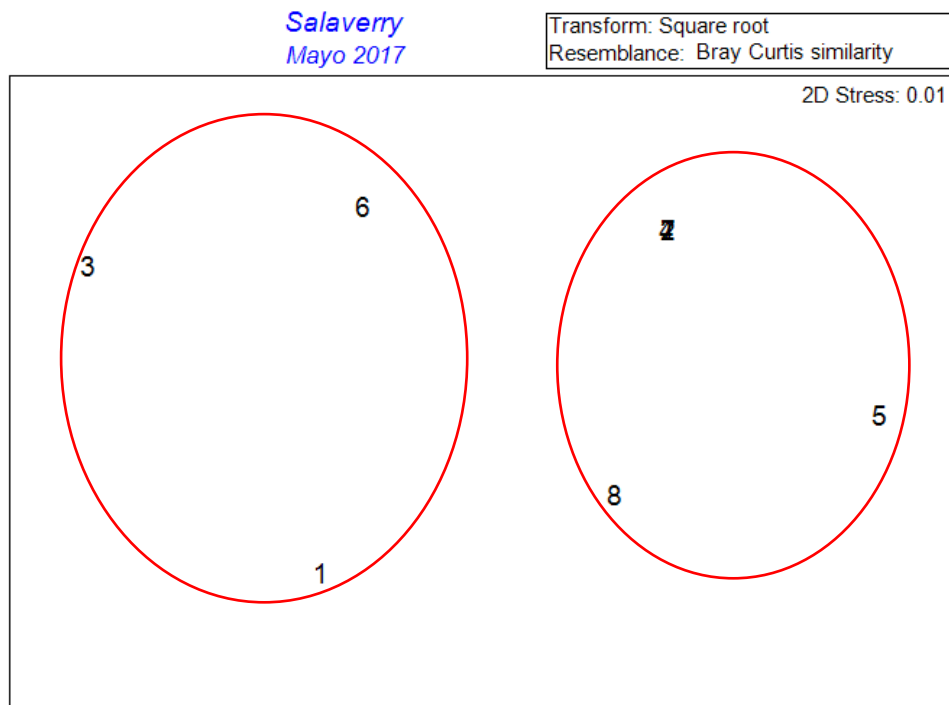


Figura 27. Ordenación del Análisis de Escalamiento Multidimensional de las ocho estaciones de muestreo basada en las abundancias de especies (Stress = 0.01) mayo 2017.

Se presentó la sobre posición de especies por estaciones de muestreo: En diciembre 2016, el MDS de las muestras de la macrofauna de las seis estaciones frente a Salaverry, se presentó el ploteo superpuesto de la abundancia /densidad de *Hepatus* sp. en cada estación, indica claramente que esta especie fue encontrada en la estación 5 con altas abundancia 21 ind/ muestra (Fig. 28).

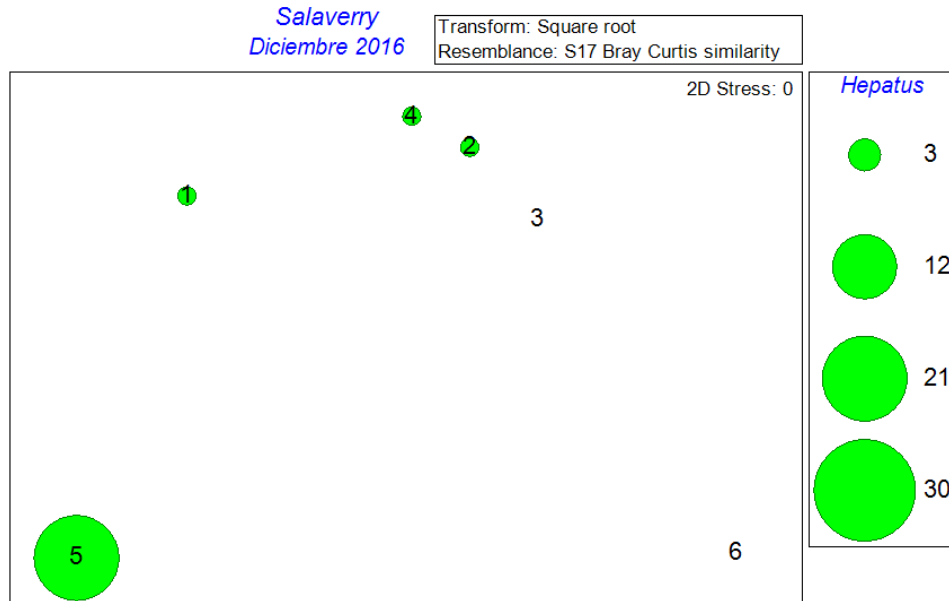


Figura 28. Análisis de Escalamiento Multidimensional de abundancias de especies en seis estaciones frente a Salaverry con círculos superpuestos representando la densidad del crustáceo *Hepatus* sp. (Stress = 0).

El poliqueto de la familia Cirratullidae registró valores de 21 ind/muestra en la estación 5, valores menores a 3 se registraron en las estaciones 1 y 3; y ninguno en las demás estaciones (Fig. 29).

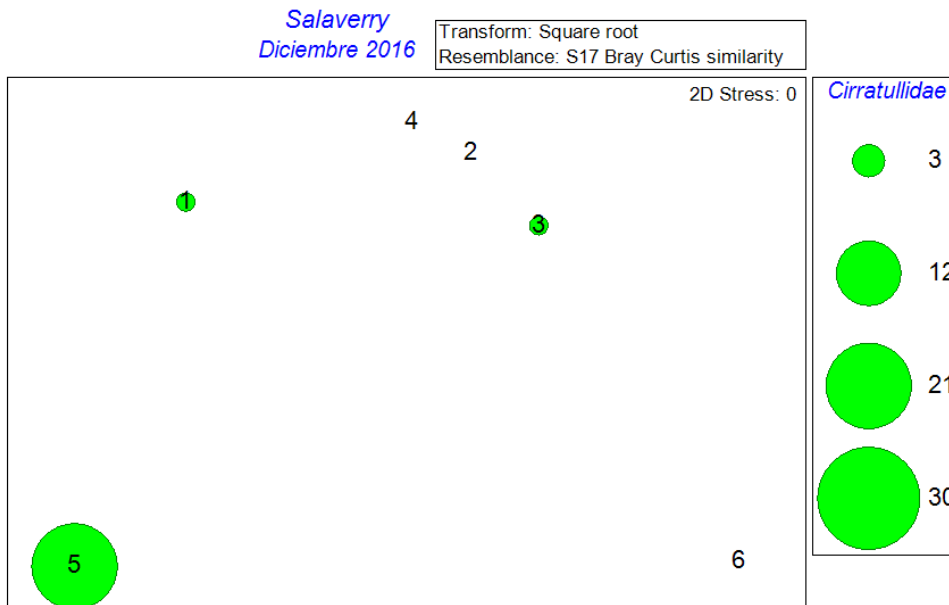


Figura 29. Análisis de Escalamiento Multidimensional de abundancias de especies en seis estaciones frente a Salaverry con círculos superpuestos representando la densidad del poliqueto de la familia Cirratullidae. (Stress = 0).

El poliqueto *Pherusa* sp. registró valores de aproximadamente 100 ind por muestra en la estación seis, valores menores a 3 se registraron en las estaciones 2, 3 y 4; y ninguno en las demás estaciones 1 y 5 (Fig. 30).

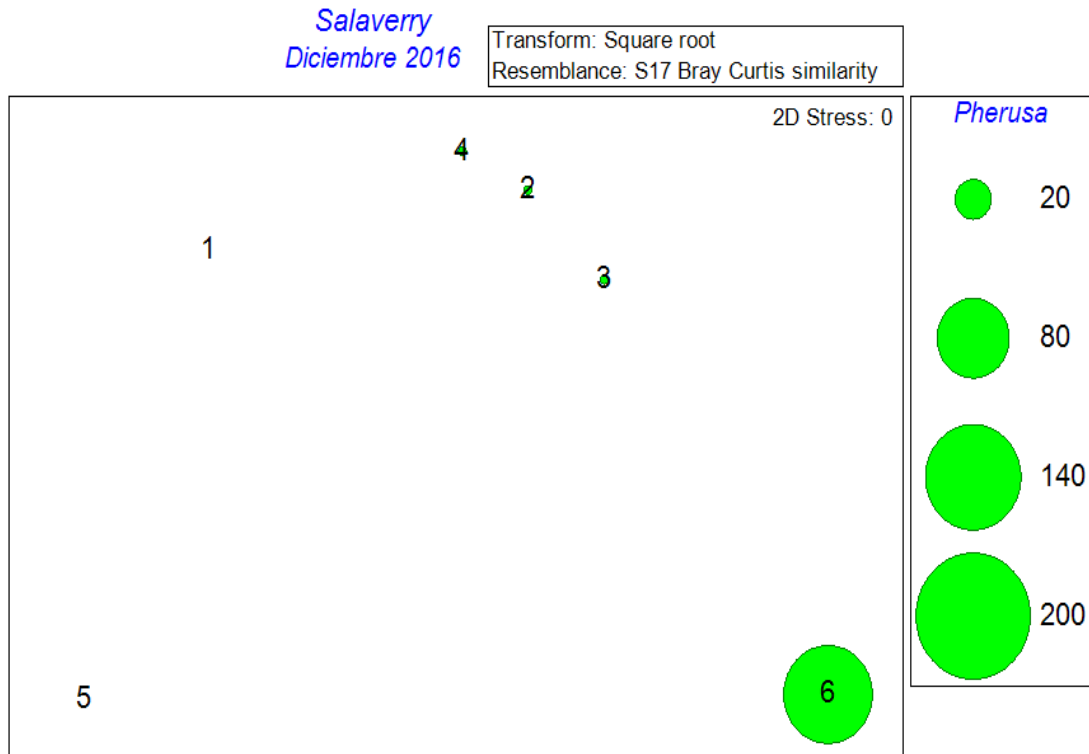


Figura 30. Análisis de Escalamiento Multidimensional de abundancias de especies en 6 estaciones frente a Salaverry con círculos superpuestos representando la densidad de *Pherusa* sp (Stress = 0).

El poliqueto *Magelona* sp. registró valores de aproximadamente 100 ind por muestra en la estación 6, valores menores a 3 se registraron en las estaciones 1, 2, 3 y 4; y ninguno en las estaciones 5 (Fig. 31).

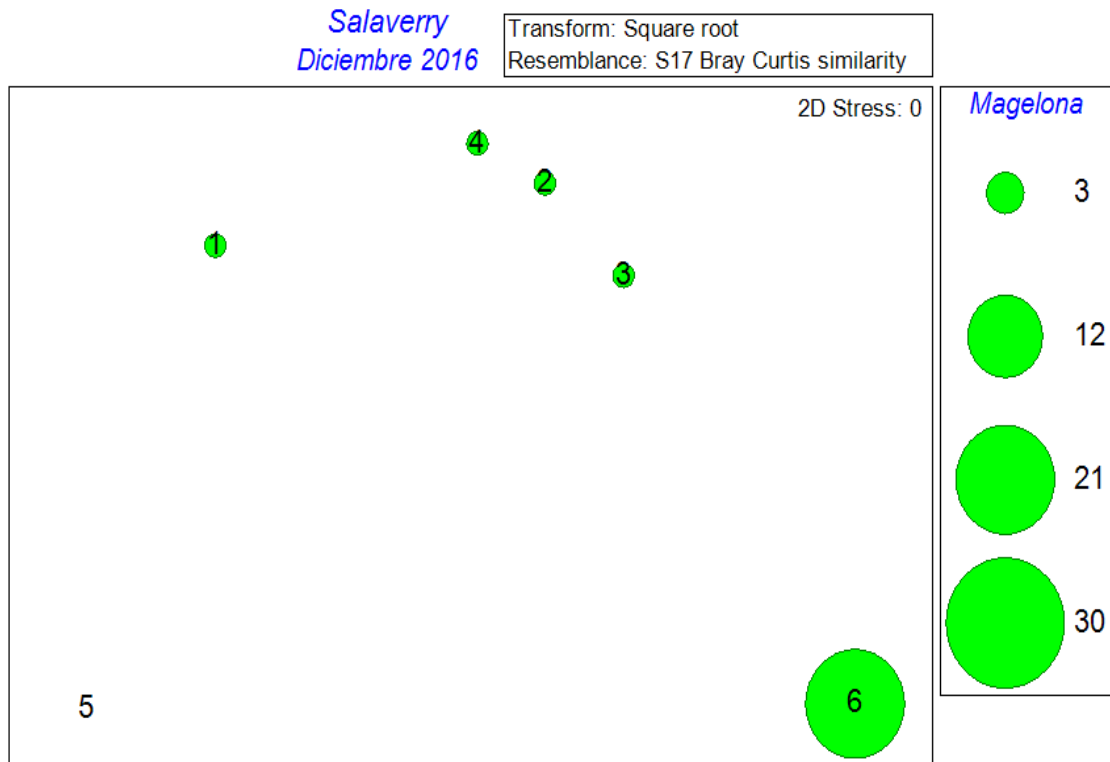


Figura 31. Análisis de Escalamiento Multidimensional de abundancias de especies en 6 estaciones frente a Salaverry con círculos superpuestos representando la densidad del poliqueto *Magelona* sp (Stress = 0).

En mayo 2017, sobre el MDS de las muestras de la macrofauna de las ocho estaciones frente a Salaverry (Fig. 29), el bivalvo *Mulinia* sp. registró valores de 35 ind por muestra en la estación 1; valores inferiores a 5 correspondieron a las estaciones restantes (Fig. 32).

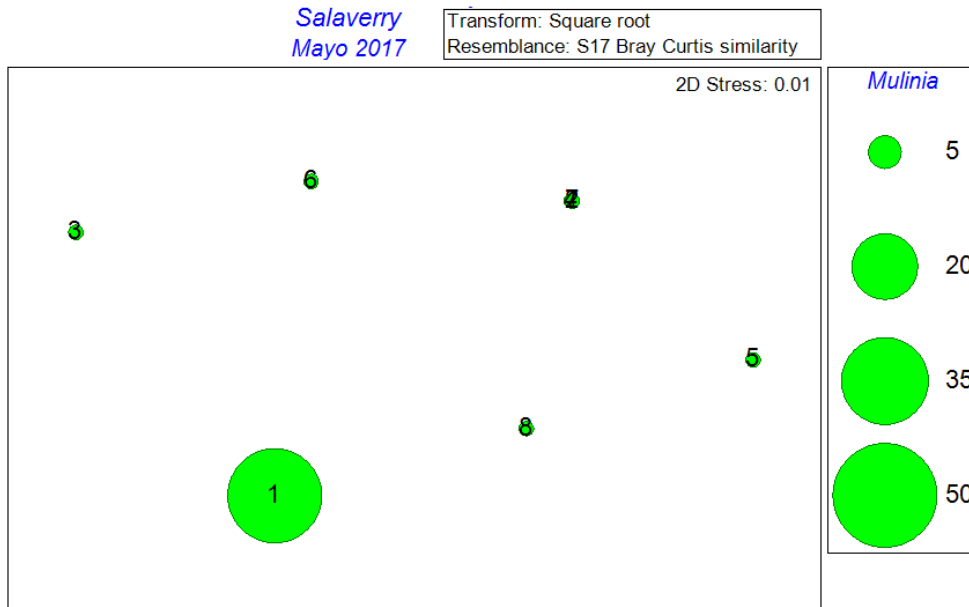


Figura 32. Análisis de Escalamiento Multidimensional de abundancias de especies en ocho estaciones frente a Salaverry con círculos superpuestos representando la densidad del molusco *Mulinia* sp (Stress =0.01).

El poliqueto *Capitella* sp. registró valores de 21 ind por muestra en las estaciones 1 y 3; valores menores a 3 correspondieron a las estaciones restantes (Fig. 33).

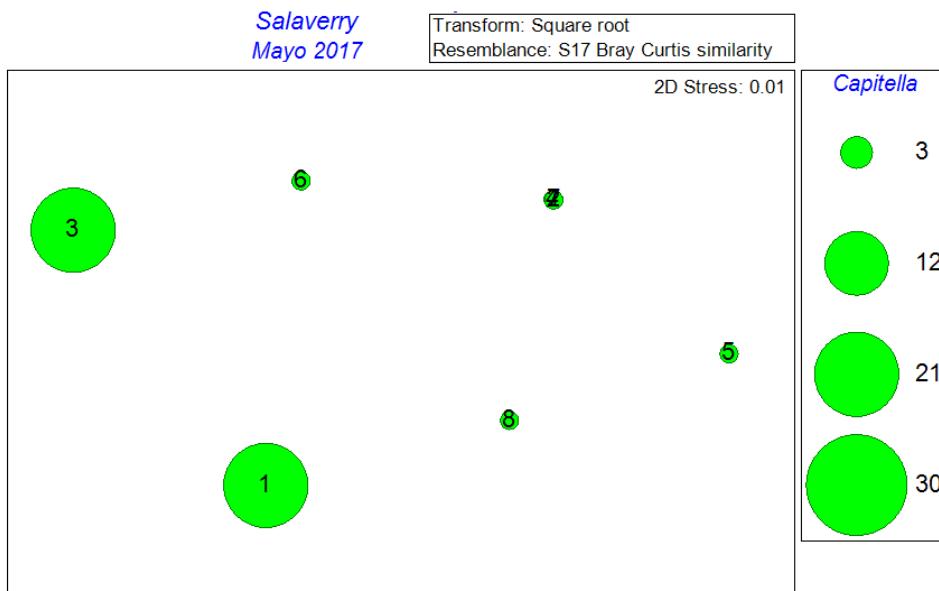


Figura 33. Análisis de Escalamiento Multidimensional de abundancias de especies en 8 estaciones frente a Salaverry con círculos superpuestos representando la densidad del poliqueto *Capitella* sp. (Stress =0.01).

Los Nemertinos muestran valores de 35 ind por muestra en la estación 1 y valores de 10 ind por muestra en la estación 8; valores menores a 5 correspondieron a las demás estaciones (Fig. 34).

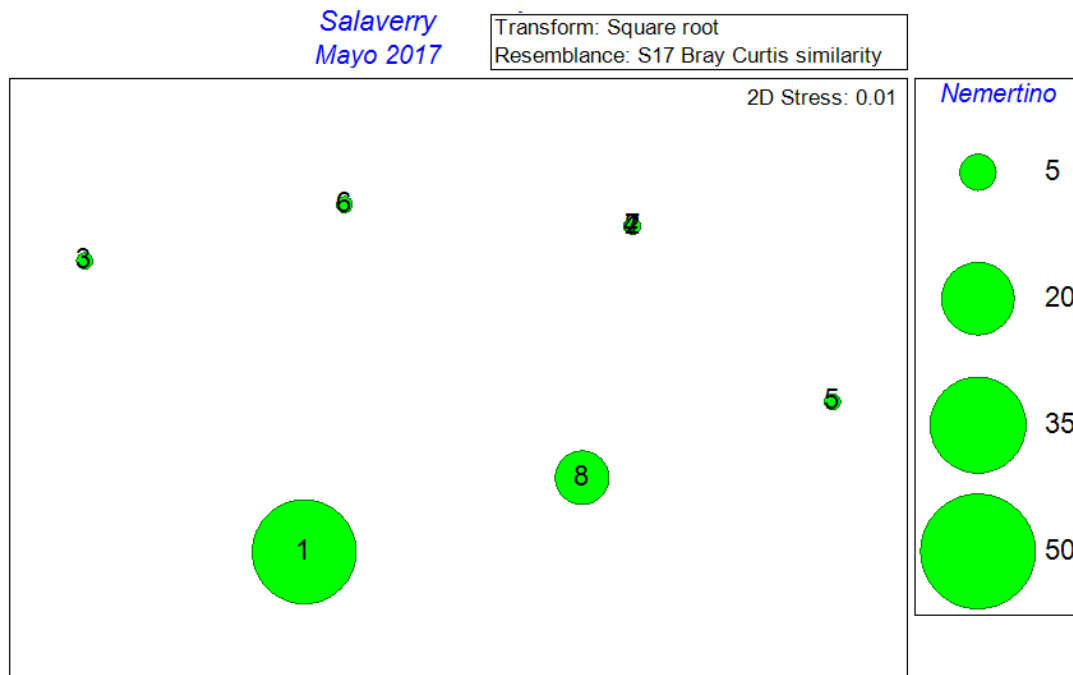


Figura 34. Análisis de Escalamiento Multidimensional de abundancias de especies en ocho estaciones frente a Salaverry con círculos superpuestos representando la densidad del grupo Nemertina (Stress =0.01).

El poliqueto *Magelona* sp. muestra valores de 80 ind por muestra en la estación 3 y valores de 20 ind por muestra en las estaciones 1 y 6; valores menores a 20 se registraron en las demás estaciones (Fig. 35).

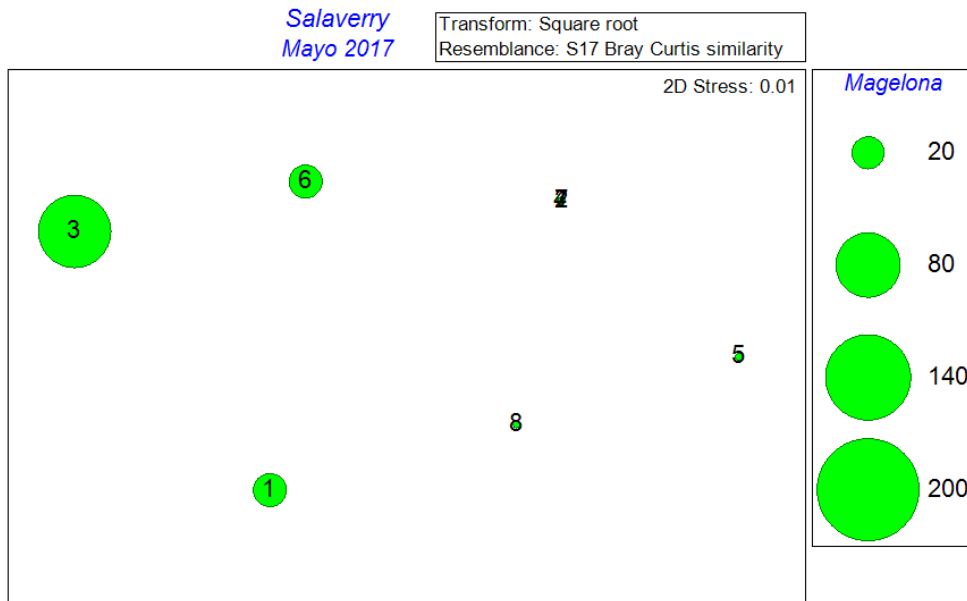


Figura 35. Análisis de Escalamiento Multidimensional de abundancias de especies en ocho estaciones frente a Salaverry con círculos superpuestos representando la densidad del poliqueto *Magelona* sp. (Stress = 0.01).

El decápodo *Hepatus* sp muestra una moderada densidad 30 ind/muestra en la estación 5 y valores menores a 5 ind/muestra en las estaciones restantes (Fig. 36).

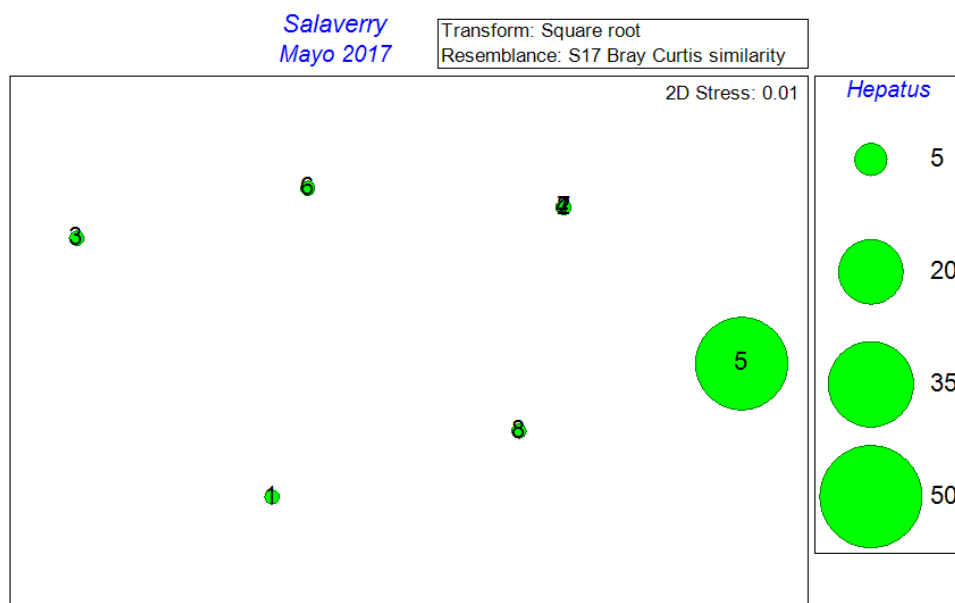


Figura 36. Análisis de Escalamiento Multidimensional de abundancias de especies en ocho estaciones frente a Salaverry con círculos superpuestos representando la densidad del crustáceo *Hepatus* sp (Stress = 0.01).

El poliqueto *Pherusa* sp. presentó una densidad de 80 ind/muestra en las estaciones 3 y 6; valores menores a 20 ind por muestra fueron encontradas en las otras estaciones (Fig. 37).

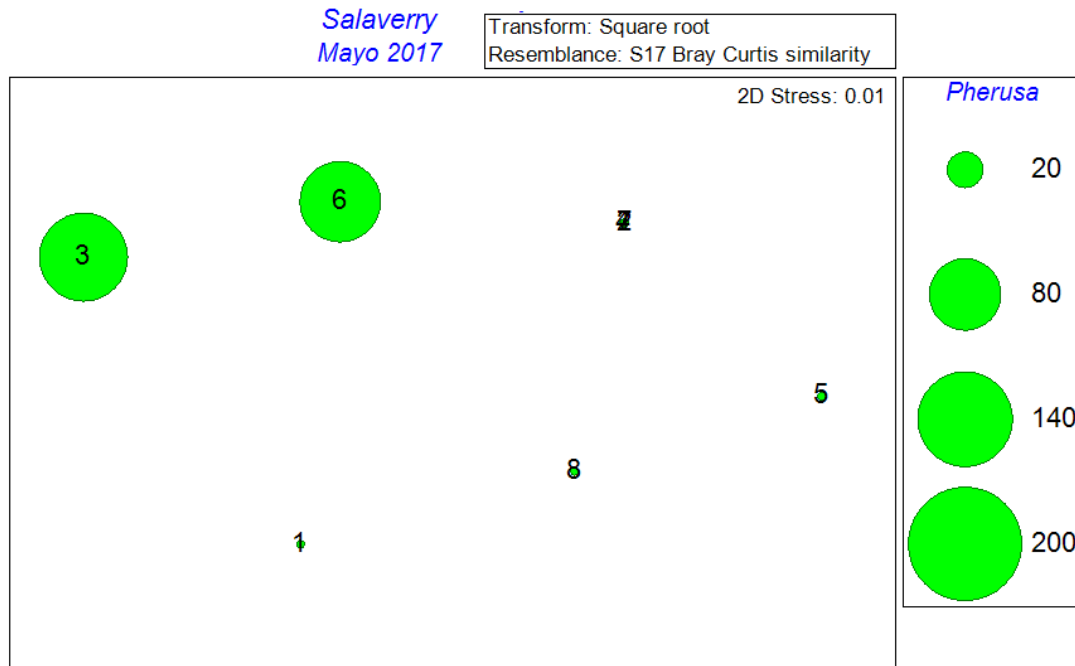


Figura 37. Análisis de Escalamiento Multidimensional de abundancias de especies en ocho estaciones frente a Salaverry con círculos superpuestos representando la densidad de *Pherusa* sp. (Stress = 0.01).

Los poliquetos de la familia Cirratullidae muestran una mayor densidad 21 ind/muestra) en la estación 5 y valores menores a 3 ind por muestra en las estaciones restantes (Fig. 38).

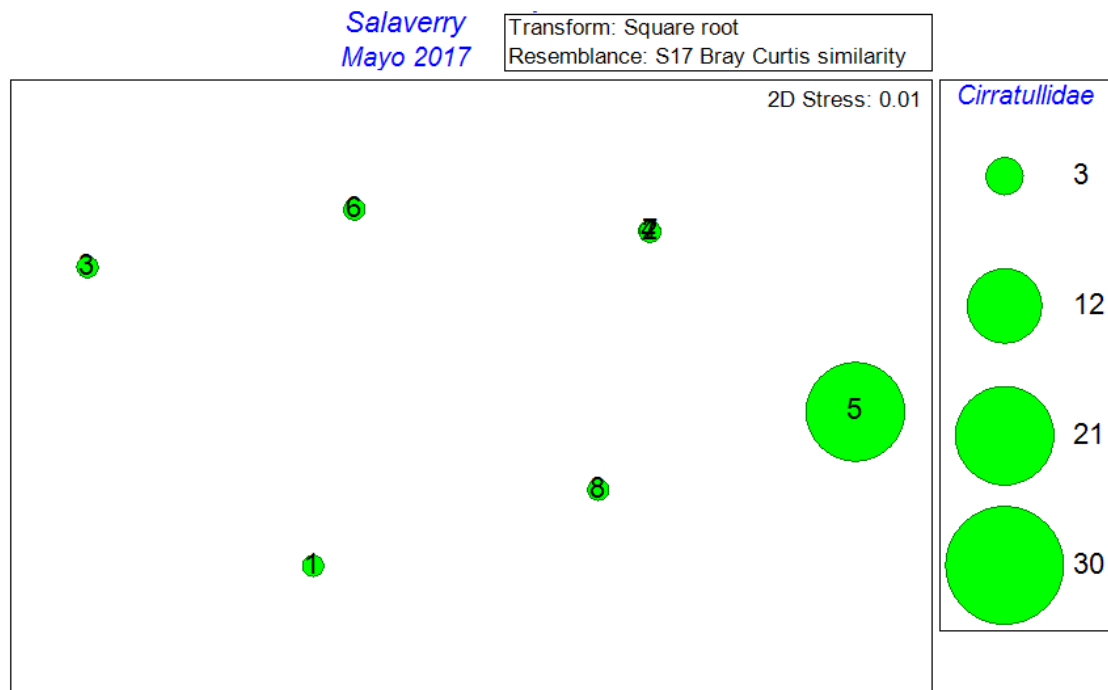


Figura 38. Análisis de Escalamiento Multidimensional de abundancias de especies en 8 estaciones frente a Salaverry con círculos superpuestos representando la densidad del poliqueta Cirratullidae (Stress = 0,01).

Los Coliformes termotolerantes totales como círculos de diámetro variable, presentaron altas concentraciones en las estaciones 2, 4 y 7 (Fig. 39).

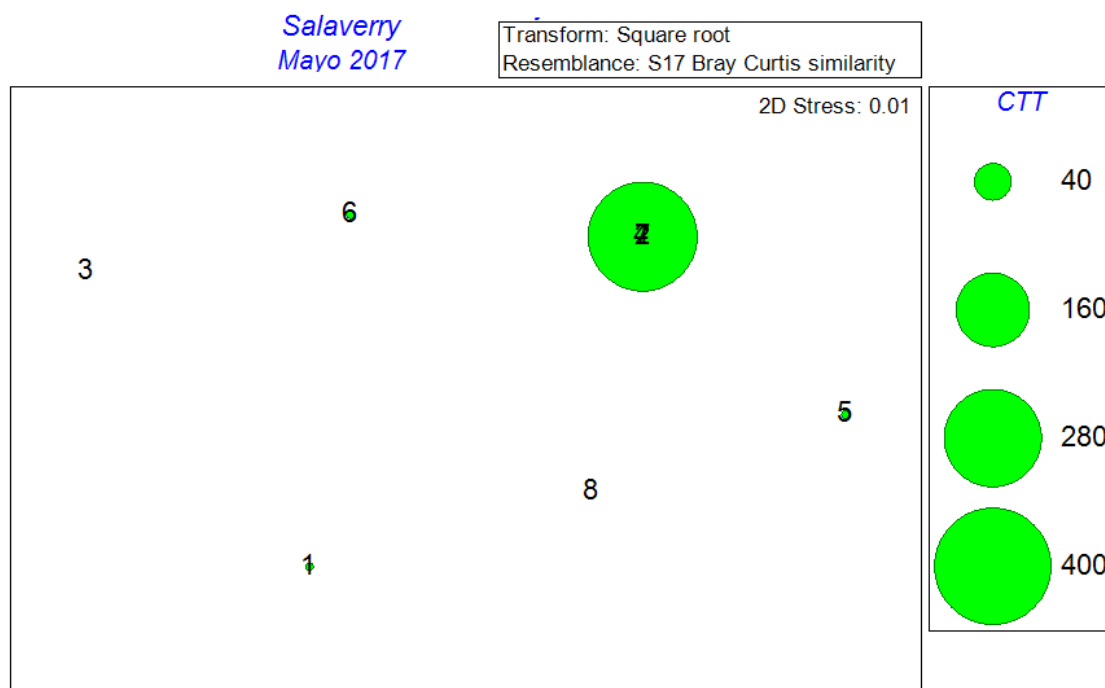


Figura 39. Análisis de Escalamiento Multidimensional de abundancias de especies en ocho estaciones frente a Salaverry con círculos superpuestos representando la concentración de coliformes termotolerantes totales (Stress = 0,01).

Los Análisis de Componentes Principales (ACP), para los parámetros ambientales, en diciembre 2016, puede señalar que los dos primeros PCs representaron el 71,6% de la variabilidad total o de la varianza de las variables originales por lo que la ordenación bidimensional da una fotografía satisfactoria del patrón ambiental en dicho período (Tabla 12).

TABLA 12. Análisis de Componentes Principales de los parámetros ambientales en diciembre 2016.

PC	Eigenvalues	% Variacion	% Variacion acumulada
1	6,19	51,5	51,5
2	2,4	20	71,6
3	1,94	16,2	87,8
4	1,25	10,4	98,2
5	0,217	1,8	100

El círculo de correlaciones que las variables profundidad (P) y nitratos (No3), así como sólidos suspendidos totales (SST), pH, transparencia (Tr) y oxígeno (O₂) se encuentran muy correlacionados entre sí, mientras que las variables profundidad y nitratos con DBO forman casi un ángulo recto (ortogonal) entre sí, indicando que éstas variables no están correlacionadas. La cercanía de las variables P, Na, SST, pH, O₂ y Tr al PC1 revela que dichas variables contribuyen en alto grado a la conformación de este eje y al estar en el lado negativo, el PC1 será aproximadamente función decreciente de estas variables, es decir ordenan de mayor a menor, por ende las estaciones 2, 3, 5, 1 y 4 tomarán valores bajos de dichas variables, mientras que la estación 6 tomará valores altos de las mismas. En este caso el PC1 está relacionado con P, Na, Ni y PO₄, y el PC2 con DBO. De hecho, las estaciones 6; 1, 4,5; 2, 3 son únicas y que comparten variables comunes; la estación 6 tiene relación con Si; las estaciones 1, 4 y 5 con DBO; 2 y 3 con P y Na (Fig.40).

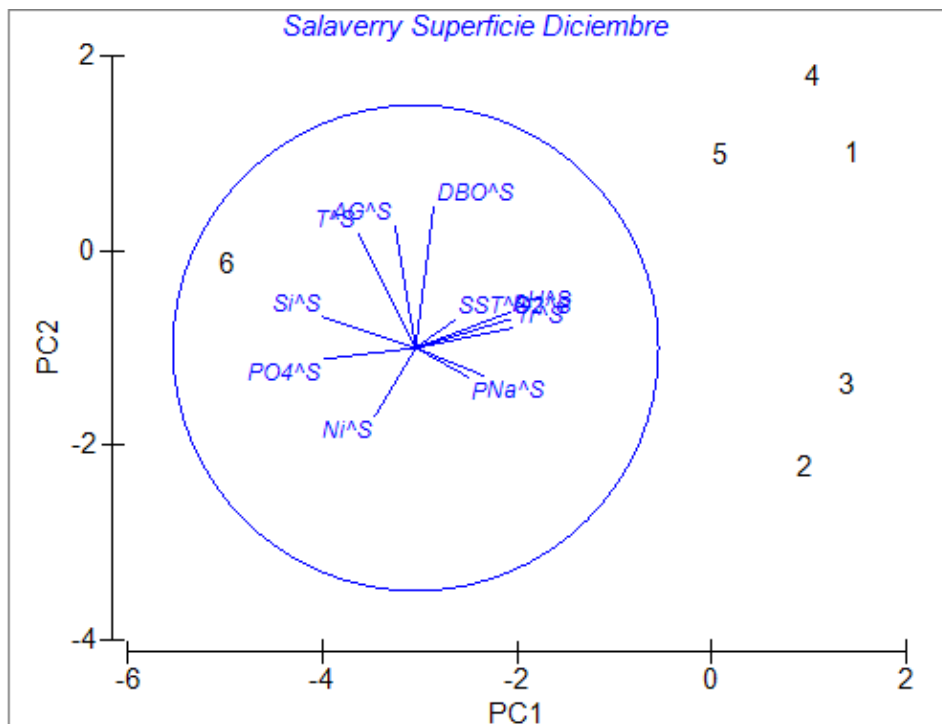


Fig. 40. Análisis de Componentes Principales de las variables ambientales superficiales frente a Salaverry diciembre 2016.

En nivel subsuperficial en diciembre 2016, se encontró que los dos primeros PCs explican el 68.1% de la variabilidad total por lo que la ordenación bidimensional da una fotografía satisfactoria del patrón ambiental en dicho período (Tabla 13).

TABLA 13. Análisis de Componentes Principales de los parámetros ambientales en diciembre 2016.

PC	Eigenvalues	% Variación	% Variación acumulada
1	6,89	43,1	43,1
2	4,0	25,0	68,1
3	2,48	15,5	83,6
4	1,5	9,4	93,0
5	1,12	7,0	100

En el círculo de correlaciones, las variables que estuvieron lejos del centro pero próximas una a la otra, se unieron positivamente muy correlacionadas entre sí (limo (fango, arcilla) y MOT), aquellas que fueron ortogonales no estuvieron correlacionadas (limo (fango, arcilla) – MOT y Tr; P y ArG) y las que se ubican en lados opuestos al centro estuvieron negativamente correlacionadas Tr y T; fango–MOT y ArG; P y AG (Fig. 41).

La cercanía de las variables T, Tr, Si, Fan y MOT al PC1 indicaban que dichas variables contribuyeron en alto grado a la conformación de este eje y al ubicarse en el lado negativo, el PC1 presento función decreciente en las estaciones 5, 1, 2, 4 y 1 tomarán valores bajos de dichas variables, mientras que la estación 6 tomará valores altos de las mismas. En este caso el PC1 está muy relacionado con limo (fango, arcilla) y MOT y el PC2 con ArG. De hecho, la estación 6 presento relación con SST; las estaciones 1, 4 y 2 con ArG y pH; 5 y 3 con P y Sio4.

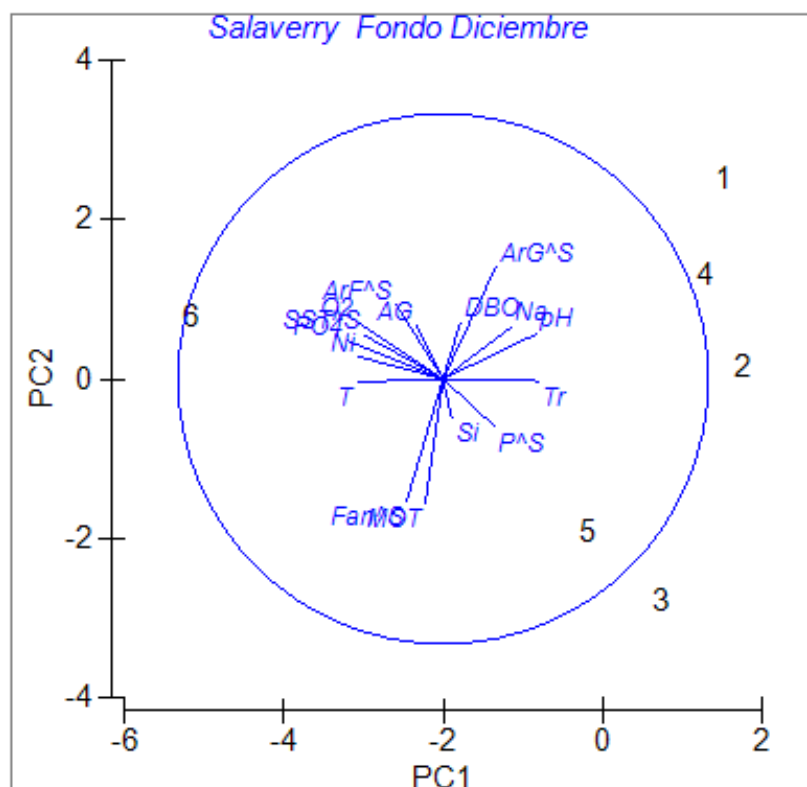


Fig. 41. Análisis de Componentes Principales de las variables ambientales de fondo frente a Salaverry diciembre 2016.

En el nivel superficial en mayo 2017, se encontro que los tres primeros PCs explican el 76.6% de la variabilidad total por lo que la ordenación bidimensional da una fotografía satisfactoria del patrón ambiental en dicho período (Tabla 14).

TABLA 14. Análisis de Componentes Principales de los parámetros ambientales mayo 2017.

PC	Eigenvalues	% Variación	% Variación acumulada
1	6,68	35,2	35,2
2	4,16	21,9	57,1
3	3,71	19,5	76,6
4	2,35	12,4	89
5	1,13	5,9	94,9

Las variables que están lejos del centro, pero próximas una a la otra como P y pH; Cd y Zn, están positivamente muy correlacionadas entre sí, aquellas que son ortogonales no están correlacionadas P – pH vs Tr; Si - Na vs DBO; y las que se ubicaron en lados opuestos al centro están negativamente correlacionadas T y DBO (Figura. 42)

La cercanía de las variables T, P, pH, O₂, CCT al PC1 indicaron que dichas variables contribuyeron en alto grado a la conformación de este eje y al ubicarse en el lado negativo, el PC1 estará aproximadamente en función decreciente de estas variables, es decir ordenan de mayor a menor, y por ende las estaciones 1, 6 y 4 presentó valores bajos de dichas variables, mientras que la estación 7 presento valores altos de las mismas. En este caso el PC1 estuvo muy relacionado con P y pH, y el PC2 con SST. Las estaciones 1, 6 y 4 estuvieron más asociadas a la presencia de las variables T, P, pH; la estación 7 a O₂ y CT; las estaciones 5, 2 y 3 a SST, Ni, PO₄ y Tr.

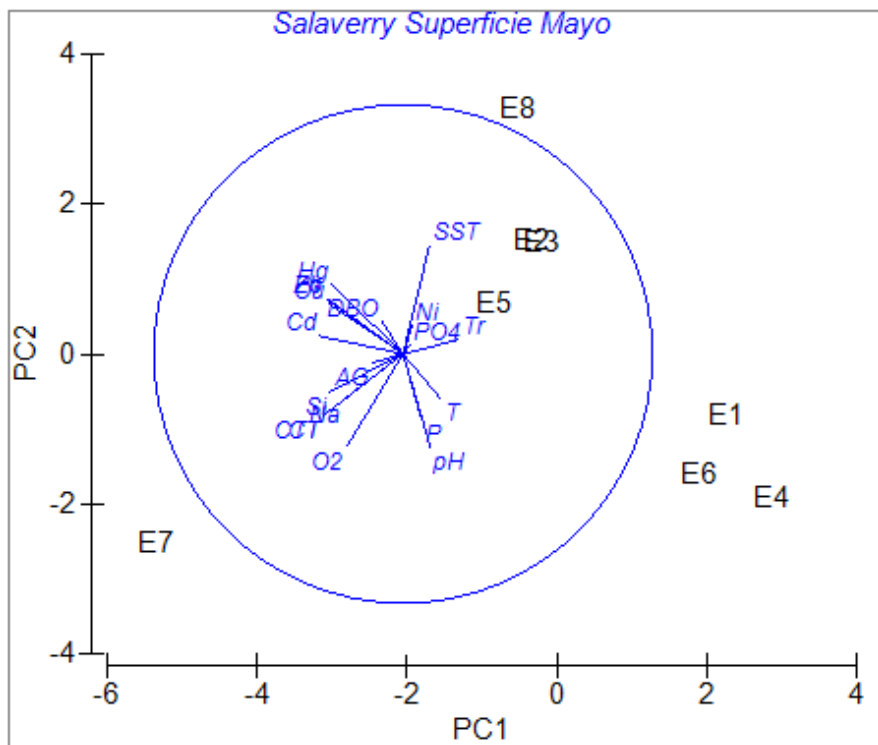


Fig. 42. Análisis de Componentes Principales de las variables ambientales superficiales frente a Salaverry mayo 2017.

En el nivel subsuperficial en mayo 2017, los tres primeros PCs explican el 72,5% de la variabilidad total (Tabla.15)

TABLA 15. Análisis de Componentes Principales de los parámetros ambientales mayo 2017.

PC	Eigenvalues	% Variación	% Variación acumulada
1	5,81	38,7	38,7
2	2,78	18,5	57,3
3	2,28	15,2	72,5
4	1,71	11,4	83,9
5	1	6,7	90,6

Las variables que están lejos del centro pero próximas una a la otra como MOT y Fan; P y pH; ArG y ArF9, estuvieron positivamente muy correlacionadas entre sí, aquellas que son ortogonales no estuvieron correlacionadas AG vs MOT; Tr vs Fan; T vs SST; y las que se ubicaron en lados opuestos al centro estuvieron negativamente correlacionadas limo (fango, arcilla) – MOT vs ArG – ArF (Fig. 43).

La cercanía de las variables Ni, PO4, SST, limo (fango, arcilla), MOT al PC1 indicaron que dichas variables contribuyen en alto grado a la conformación de este eje y al ubicarse en el lado negativo, el PC1 estará aproximadamente en función decreciente de estas variables, es decir ordenan de mayor a menor, y por ende las estaciones 7 y 6 tomarán valores bajos de dichas variables, mientras que la estación 8 tuvieron valores altos de las mismas. En este caso el PC1 está muy relacionado con SST, y el PC2 con Tr y ArG. Las estaciones 6 y 7 estuvieron más asociadas a la presencia de las variables SST y Fan; la estación 8 a ArG, y las estaciones 1 y 2 a AG y Tr.

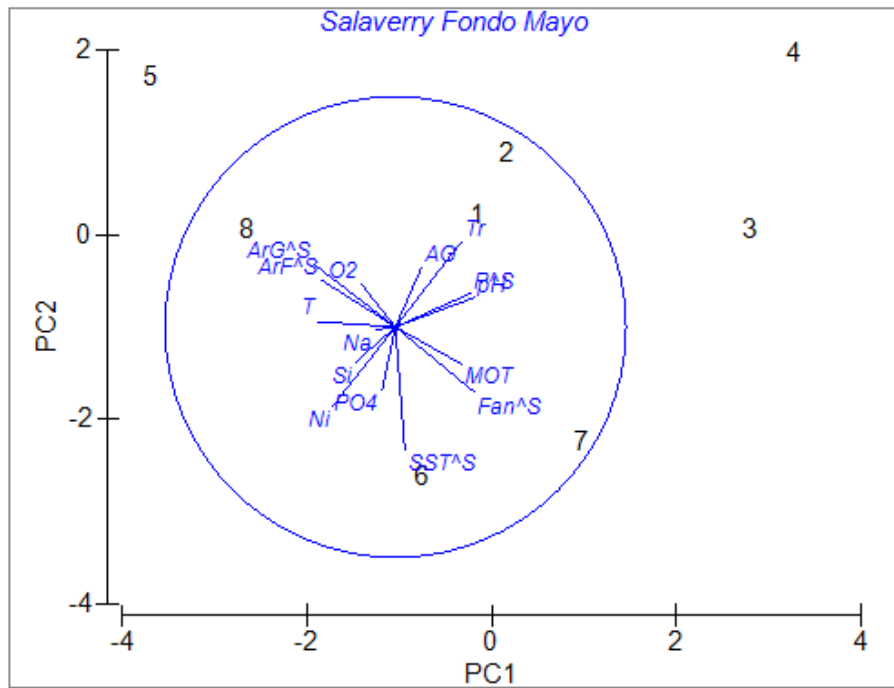


Fig. 43. Análisis de Componentes Principales de las variables ambientales de fondo frente a Salaverry mayo 2017.

DISCUSIÓN

Las aguas costeras del puerto Salaverry constituyen un ecosistema vulnerable y cuyo estado de salud debe ser monitoreado permanentemente; es por ello la Autoridad Nacional del Agua (2010) aprobó la clasificación de los cuerpos de agua superficial y marinos costeros de Perú, ubicando a Salaverry en la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, vigente en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (MINAM 2017).

En esta investigación el efecto de los agentes contaminantes tuvo mayor efecto local y endógeno, considerando que su elevada o mínima concentración y presencia de éstos afectaba la fauna macrobéntica de las comunidades como indican Rebaza et al. (2010) ya que fueron evaluados a través de los parámetros físicos, químicos y biológicos que se presentaron tanto en el agua como el sedimento.

En cuanto, a la temperatura superficial marina (TSM) esta se incrementó de diciembre 2016 a mayo 2017, los promedios fueron 16,0 y 18,3 °C. Respecto al Patrón Térmico Mensual de Malabrigo (Periodo 1980-2012) (IMARPE. 2016 y 2017) se generaron anomalías térmicas superficiales del mar de -0,5 y +0,6 °C, respectivamente; valores clasificados como Neutros (ENFEN 2012); en el nivel sub superficial en diciembre y mayo los promedios fueron 14,8 y 17,9 °C. Este comportamiento fue similar con los Comunicados Oficiales del ENFEN (2016 y 2017).

El litoral de Salaverry presentó las mayores concentraciones de fosfatos, silicatos, coliformes totales, coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos totales; fuera del rango establecido los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Categoría 2: Actividades Marino Costeras y Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático. Asimismo, en el sedimento superficial marino, presentó el mayor contenido de materia orgánica total mayor a 4,00 %, la textura que prevaleció fue la de fango con fuerte olor a sulfuros, con colores de grises y negros, condiciones similares respecto al 2010 y 2011 reportados por Rebaza et al. (2012) concluyendo que existe. Mayor perturbación del sustrato marino cuando los valores más altos superan la unidad.

La transparencia del agua de mar, presentó un valor mínimo de 0,50 m en diciembre 2016; mientras que el valor máximo fue de 5 m en mayo 2017. Rebaza et al. (2013) reportan que en el litoral de La Libertad la transparencia promedio es de 1,2 m, estos resultados fueron similares a los encontrados por Cabrera (2002) provocando que la mayor turbidez se produce frente al borde Costero de Salaverry.

El oxígeno disuelto, es importante para la supervivencia acuática, la baja concentración es un indicador de que el agua tiene una alta carga orgánica provocada por aguas residuales, descargas portuarias, contrapuesto a que las aguas a menudo contienen materia orgánica que es descompuesta por microorganismos, los cuales necesitan oxígeno para realizar este proceso que se conoce como demanda bioquímica de oxígeno.

De Orellana (2009) reporta que las aguas costeras de Salaverry, disminuyen el oxígeno frente al borde costero mayormente en el fondo que en la superficie lo mismo se encontró en esta investigación con fluctuaciones entre 0,90 y 3,0 mg/L, los que se asocian a procesos de surgencia con temperaturas superficiales próximas a 17 °C.

En el fondo, el oxígeno presentó valores próximos a cero, los cuales estaban relacionados a la presencia de fango con el olor sulfuroso y alto contenido de materia orgánica con valores superiores a 4%.

Respecto al pH, De Orellana (2009) indica que este parámetro es importante para todas las formas de vida en el agua de mar quienes solo pueden tolerar un cierto rango de acidez, los valores no presentaron diferencias significativas en el nivel superficial y fondo, y estos coincidieron con Rebaza et al (2010) para la misma zona; y con García et al. (2014) en el litoral de Chimbote la Región Ancash.

En cuanto, a los fosfatos en superficie y fondo, presentaron la mayor concentración promedio en diciembre con valores 0,30 y 0,61 mg/L y la menor concentración promedio se registró en mayo con 0,23 y 0,27 mg/L esta tendencia similar la obtuvo García et al. (2014) ya que en el verano los fosfatos presentan bajos valores; en tanto que, en invierno cuando se intensifica el afloramiento costero los fosfatos presentan valores altos. Los cambios en la concentración de fosfatos también pueden ocurrir por el uso de detergentes fosfatados y iónicos que se utilizan en la limpieza de sus embarcaciones e infraestructuras portuarias, incrementando considerablemente la concentración de fosfatos.

Los silicatos al igual que los fosfatos su distribución está ligada al afloramiento y desde el punto de vista biológico son utilizados por las algas diatomeas, silicoflagelados, radiolarios y determinadas esponjas cuyos esqueletos son silíceos, los nitratos y nitritos son importantes para mantener a las poblaciones de fitoplancton según Morón (2000).

En Salaverry, los nitratos en superficie registraron la mayor concentración promedio en mayo 2017 con valores >2,17 mg/L, la menor concentración promedio se encontró en diciembre 2016 con 0,15 mg/L; por otro lado, los silicatos en superficie evidenciaron similar tendencia, de diciembre 2016 (0,93 mg/L) a mayo 2017 (>1,92 mg/L). Según

Rebaza et al. (2012 y 2013) y García et al. (2015) presento similar tendencia en estos años.

Los nutrientes disueltos en el agua de mar son esenciales para el desarrollo del fitoplancton, la base de la cadena trófica marina. Los nutrientes en el agua de mar, es un indicador importante que permite evaluar la calidad del agua; así como, la presencia o ausencia de la vegetación marina.

Los agentes contaminantes de sólidos suspendidos totales en Salaverry en diciembre 2016 y mayo 2017 presentaron concentraciones que superaron lo permitido (30,0 mg/L) por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4, Conservación del ambiente acuático; Ecosistemas marino costeros: marinos (MINAM 2017).

Los aceites y grasas presentaron concentraciones que no superaron lo permitido (5,00 mg/L) por la normatividad vigente de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4, Conservación del ambiente acuático; Ecosistemas marino costeros: marinos (MINAM 2017).

La demanda bioquímica de oxígeno en Salaverry, estuvieron dentro de lo permitido (10,00 mg/L) por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4, Conservación del ambiente acuático; Ecosistemas marino costeros: marinos (MINAM 2017); en cambio, García et al., 2014 menciona que en el litoral de la Región Ancash cuando la actividad pesquera es intensa la demanda bioquímica de oxígeno, se incrementa considerable y cuando hay veda de la anchoveta se restablece el equilibrio del ecosistema marino. Estos valores están influenciados por la configuración de costa de las zonas estudiadas; abiertas y cerradas para La Libertad y Ancash; respectivamente.

García et al. (2014) mencionan que en las bahías de Coishco, El Ferrol y Samanco del litoral de la Región Ancash son las que presentan valores altos mayores a 5% de materia orgánica dado que estas zonas son de mayor actividad industrial. Lo mismo ocurrió en Salaverry donde el porcentaje fue 5,4% de materia orgánica total fue en mayo 2017 en donde indica que la zona se ve afectada por las descargas portuarias y la pesca artesanal. Delgado et al. (1987) y Salzwedel et al. (1987) Reportan que en el litoral peruano, entre las latitudes de 07°S y 10°30' S el sedimento que predomina son de textura arenosa, en Salaverry predominaron el fango, con olor a sulfuros, condición similar se encontró en junio 2011 (Rebaza et al., 2012) condiciones asociadas a elevados porcentajes de materia orgánica y de las actividades pesqueras características del puerto o descargas portuarias. Magurran (2004) reporta que el índice de diversidad de Shannon Wiener es elevado cuando está conformado por gran número de grupos taxonómicos y diversas especies, normalmente la estructura de las comunidades macrobénticas están formadas por poliquetos, crustáceos, moluscos y otros según Salzwedel et al. (1988). Sin embargo, en el caso de Salaverry sólo predominaron los poliquetos con pocas especies. Presentar escasos grupos taxonómicos con valores menores a 2,0 bits/ind provoca inestabilidad en el medio y no permite el desarrollo de especímenes grandes.

En cuanto al índice de equidad de Pielou, ésta fue menor a 0,8 indicando la dominancia de una especie de poliquetos según Magurran (2004) no logra el equilibrio por la dominancia de una especie. En la investigación fueron abundantes los poliquetos de la especie *Nepthys sp.* y en otras estaciones se presentó la abundancia de los nemertinos.

La magnitud del impacto de la diversidad de Shannon Wiener en las estaciones 1-4 indicaron que la diversidad se encontró en un estado crítico, mientras las estaciones 5y 6 en diciembre 2016 tuvieron un severo impacto, en cambio en mayo 2017, la estación 1 presentó el mayor índice de diversidad.

Rebaza et al. (2012 y 2013) concluyen en la severidad de los agentes contaminantes sobre las comunidades bentónicas realizadas en el submareal de Salaverry no encontrando fauna bentónica alrededor del muelle artesanal Pesquero de Salaverry. En esta investigación, los efectos de los agentes contaminantes provocaron escasa diversidad, abundancia de pocas especies de poliquetos y efectos negativos en la estructura macrobentónica.

La abundancia y predominancia de los poliquetos en estadios juveniles en la bahia el Ferrol encontrados por Tresierra et al. (2007) indican la alternancia en la dominancia provocando inestabilidad del ecosistema, lo mismo ocurrió en el submareal de Salaverry, donde predomina esta fauna oportunista del macrobentos.

Asimismo, Tresierra et al. (2007) y Rebaza et al. (2010) encuentran índices de Shanon Wiener menores a 2bits/Ind muy similares a los obtenidos en esta investigación con 1,32 y 1,97 bits/Ind atribuyendo la menor diversidad macrobéntica a los fondos anóxicos e hipóxicos que están relacionados a los valores críticos de oxígeno provocados principalmente por actividades antropogénicas además de las descargas portuarias y los vertimientos de aguas residuales.El impacto de la biodiversidad de organismos bentónicos fue severa a critica según lo establecido por PRODUCE (2008) ya que la diversidad registrada para Salaverry está dentro del rango $> 1 - 2(\text{bits/ind})$.

El análisis de similaridad para el macrobentos y las estaciones en diciembre 2016, permitió distinguir dos grupos en la similaridad de individuos para las estaciones 5, 2, 4, 1 y 3 como en la estación 6 a un nivel de similitud del 20% indicando que existieron pocas especies comunes y en mayo 2017 permitió distinguir dos grupos de similaridad en las estaciones 5, 8, 7, 2 y 4 como en las estaciones 1,3 y 6 con un nivel de similitud del 49% lo que representa diferencias en la composición y estructura comunitaria.

El patrón de distribución de la comunidad macrobentónica encontrado con el Análisis de Escalamiento Multidimensional (MDS) o Análisis de Cluster estuvo representado por la mayor presencia de poliquetos entre ellos, *Magelona sp.* y *Capitella sp.* la cual se desarrolló frente al litoral y a las 2mn, coincidiendo con Garcia et al. (2012) quienes afirman que estos poliquetos son abundantes en zonas ricas con materia orgánica y además son indicadoras de contaminación.

Finalmente, en el Análisis de Componentes Principales (PCA) se determinó que los Sólidos Suspendidos Totales y Materia Orgánica fueran los agentes contaminantes que presentaron mayor correlación afectando la diversidad macrobéntica de Salaverry.

CONCLUSIONES

Los agentes contaminantes en agua y sedimento del Litoral de Salaverry en diciembre 2016 y mayo 2017 que tuvieron mayor efecto fueron los Sólidos Suspendidos Totales y Materia orgánica en la disminución de la abundancia, estructura de las comunidades y en la diversidad macrobentónica. Además, el índice de Shannon Wiener fue de 1-2 bits/ind calificado como nivel severo en la biodiversidad macrobentónica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Autoridad Nacional del Agua. (2010). Resolución Jefatural N° 202-2010.

Disponible: 03/03/2017, desde:

http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rj_202-2010.pdf.

Álamo, V. y Valdivieso V. (1997). Lista sistemática de moluscos marinos del Perú.

Publicación especial. Instituto del Mar del Perú, Callao. 2da edición, revisada y actualizada. 200 pp.

Abanto, N. (1992). Composición, densidad y distribución del macrozoobentos en relación a la granulometría y contenido de materia orgánica del sedimento de la marisma de Cerro Guañape – La Libertad de octubre 1991 a marzo 1992. Tesis para optar el grado de bachiller en Ciencias Biológicas. U.N.T. Trujillo-Perú. 60 pp.

APHA-AWWA-WPCF. (1999). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th Ed. New York. 541pp.

Bocanegra, C. Oliva J. y Carbajal W. (1986). Estructura de la comunidad de macroinvertebrado bentónico en las playas arenosas de Trujillo. En: A. Tresierra (ed). Anales I congreso Nacional de Biología Pesquera. Trujillo-Perú. P.213-218.

Cabrera, C. (2002). Estudio de la contaminación de las aguas Costeras en la Bahía de Chancay: Propuesta de Recuperación. Tesis para optar el grado de Maestría en Geografía con mención en Ordenamiento y Gestión Ambiental. Escuela de Posgrado. Facultad de Geología, Minas, Metalúrgica, y Ciencias Geográficas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú. 177pp.

Carrit D. y 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: 286-318.

- Cabelli.J. (1984). Health Effects criteria for Marine Recreational Waters. Washington, D.C. US Environmental Protection Agency.
- Castro, K. (2015). Determinación de La Concentración de Metales Pesados (Hg, Pb, Cd) En La Ostra (*Crassostrea Columbiensis*) Utilizada Como Biosensor En Cuatro Localidades de La Zona Costera de La Provincia de El Oro, 2014, Universidad Técnica de Machala.
- Center For Innovation in Engineering and Science Education (2005). Bacterias coliformes. (CIESE). Disponible en: <http://www.k12science.org/curriculum/dipproj2/es/fieldbook/coliform.shtml>.
- Centro Internacional de Estudios Superiores del Español. (2005). Contaminación microbiana del agua. España. 17pp
- CCME. (2001). Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Introduction. Updated. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg. 6pp.
- CCPS. (1983). Guidelines for Process Equipment Reliability Data, with Data Tables. New York: AIChE/CCPS.
- Chirichigno, N. (1970). Lista de crustáceos del Perú (Decápoda y Stomatópoda) con datos de su distribución geográfica. Inst. Mar Perú – Callao, Inf. (35): 1-95.
- De Orellana, F. (2009). Introducción a Parametro Indicadores de Contaminación de Agua, Suelo y Aire. (acceso el 17/09/11). Disponible en www.pnuma.org/reccnat/esp/documento/cap5.pdf.

- Delgado, C. Gomero, R. Salzweder, H. Flores L. y Carbajal. G. (1987). Sedimentos superficiales del margen continental peruano: mapa textural. Boletín, Publicación 56 de Procopa. Lima.
- Del Solar, E. (1970). Crustáceos braquiuros (cangrejo), Anomuros y Stomatópodos de la zona nerítico-pelágica y litoral de Tumbes. Bol. Soc. Geog. De Lima. 89:40-48.
- Dean, W.E. (1974). Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss ignition: Comparison with other methods. J. Sed. Petrol. 44: 57-68.
- DIGESA. (2010). Directiva Sanitaria que Establece el Procedimiento para la Evaluación de la Calidad Sanitaria de las Playas del Litoral Peruano Directiva Sanitaria N°038-MINSA/DIGESA-Vol 1.
- El Peruano. (2006). Ley N° 25977. Ley General del Ambiente, Lima, 15 de octubre de 2006. 148 pp.
- El Peruano. (2017). Decreto Supremo N° 004. MINAM. Modifican los Estándares Nacionales de Calidad de Agua y Establecen Disposiciones Complementarias para su Aplicación, Lima, 07 de junio del 2017.
- ENFEN. (2009). Nota técnica. Definición operacional de los eventos el niño y la niña y sus magnitudes en la costa del Perú. 09 abril 2009. 3pp.
- ENFEN. (2017). Comunicado oficial N° 01. 16 enero 2017. 4pp.
- ENFEN. (2017). Comunicado oficial N° 10. 12 junio 2017. 5pp.
- Fauchald, K. (1977). The polychaete worms definitions and keys to the orders families and genera. Natural History Museum of Los Angeles County, Sciences Series 28:1 – 190.

- Fonselius S. H. (1962). Hydrography of the Baltic deep basins. Fish. Bd. Swed. Ser. Hydrol., Rep. (13): p. 31-32.
- García V, Rubio J, Sánchez G, Orozco R, Sánchez S, Huerto M, Cervantes C. (2015). Calidad del ambiente marino y costero en la region Ancash 2012.inf, Inst. Mar Perú. Callao Perú. vol, 42 ,(4).
- García, V. Escudero, L. Orozco, R. y Alfaro, R. (2015). Evaluación de la calidad del ambiente marino y costero en el litoral de la Región La Libertad. Diciembre 2015. Informe Interno. Inst. Mar Perú. 92pp.
- Galarza, M. (2009). Análisis de la Efectividad de las Tasas Retributivas en Colombia estudio de caso. Tesis para optar el Título de Economista. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Administrativas y Economicas. Departamento de Economía. Bogota- Colombia. 77 pp.
- Hawkes, H. A. (1980). Invertebrates, Indicators of River Water Quality, p. 2.1-2.45. In James, A. & L. Evison (eds.). Biological Indicators of Water Quality. Wiley. Nueva York.
- Instituto del Mar del Perú– Laboratorio Costero de Huanchaco. (2009). Catálogo de invertebrados marinos de la Región La Libertad. 90.
- Jaramillo, E. Carrasco, F. Quijon, P. Pino, M. & Contreras, H. (1998). Distribución y estructura comunitaria de la macrofauna bentónica en la costa del norte de Chile. Rev. Chilena Hist. Nat. 71: 459-478.
- Margalef, R. (1983). Limnología. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España. 29(6): 1349-1350.
- Magurran, A. E. (1983). Ecological Diversity and its Measurement. Croom Helm, London. 179 pp.

- Marin, B., J. Garay, G. Ramirez, J. Betancourt, W. Troncoso Y M. Gomez. 2005. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico Colombiano red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. diagnóstico nacional y regional. INVEMAR. 53 pp.
- Méndez, G. (1982). Crustáceos comerciales y otras especies comunes del Litoral Peruano. Boletín de Lima. (20). Lima, Perú.
- Moscoso V. (2012). Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Bol Inst Mar Perú. 27(1-2): 8-207.
- Moscoso V. (2013). Clave para identificación de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Bol Inst Mar Perú. 28(1-2): 8-135.
- Morón, O. (2000). Características del ambiente Marino frente a la costa peruana. Bol. Inst Mar Perú 19 (1-2); 179-204.
- Monserate, M. Lorena, B. & Medina, J. (2011). Estudio de Condiciones Físicas, Químicas y Biológicas en la Zona Intermareal de Dos Sectores del Estero Salado con Diferente Desarrollo Urbano. Guayaquil, Guayas.
- Montalvo, J. F. (2000). Nutrientes en la Zona Litoral entre los ríos Quibú y Jaimanitas. (2 ed.). Cuba-Habana.
- Mancera-Rodríguez, N. J. & Álvarez-León, R. (2006). Estado Del Conocimiento de Las Concentraciones de Mercurio Y Otros Metales Pesados En Peces Dulceacuícolas de Colombia. Acta Biológica Colomb. 11 (1), 3–23.
- MINAM. (2017). Estándares nacionales de calidad ambiental para agua. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. 6pp.

- MINPRO. 2008. Guía para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para la Actividad de Consumo Humano Indirecto Harina y Aceite de Pescado. Resolución Ministerial N° 056-2001-PE. 45pp.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Programa Iberoamericano de ciencia para la tecnología y desarrollo. CITED. Oficina regional de ciencia y tecnología para América Latina y El Caribe. UNESCO. Sociedad Entomológica Aragonesa. SEA. M-T. Manuales y Tesis. Vol.1:1-86.
- Olmedo, P.; Pla, A.; Hernández, A. F.; Barbier, F.; Ayouni, L.; Gil, F. (2013). Determination of Toxic Elements (Mercury, Cadmium, Lead, Tin and Arsenic) in Fish and Shellfish Samples. Risk Assessment for the Consumers. Environ. Int. 59, 63–72.
- Paredes, P. (2010). Determinación de la concentración de hidrocarburos en las aguas superficiales y sedimentos y su relación con *Capitella capitata* para conocer la contaminación del estuario del río Chone. Acta Oceanográfica del Pacífico 16(1): 94-109.
- Paxton, H. & Davey A. (2010). A new species of *Ophryotrocha* (Annelida: Dorvilleidae) associated with fish farming at Macquarie Harbour, Tasmania, Australia. Zootaxa 2509: 53–61
- Perrier, R. (1935). Clave para la Identificación de Anélidos. Universidad de Murcia, Delagrave, Paris., 177pp.
- Perigó, E. (2000). Calidad Ambiental en zonas litorales Del Golfo de Batabanó. Cuba: MARCUBA.
- PRODUCE, (2008). GUÍA: Elaboración de estudios de impacto ambiental para la actividad de consumo Humano indirecto harina y aceite de pescado. Dirección

- general de asuntos ambientales de pesquería. Ministerio de la Producción despacho Viceministerial de Pesquería. Lima – Perú. 45 p.
- PNUD, (1996). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Castello 37. Madrid, España. 165 pp.
- Quintino V, E. M. (2006). The derivation, performance and role of univariate and multivariate indicators of benthic change: case studies at differing spatial scales. (Vol. 34).
- Ramírez A. & Bifano C. (1982). Contaminación geoquímica de la cuenca del Río Tuy. II. Estudio de las aguas. Memoria. Instituto de Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 80pp.
- Rebaza V., Alfaro S., Tresierra A., Campos M., Vásquez C., Salcedo J. & Llanos J. (2012). El ambiente marino costero de la Región La Libertad. Noviembre 2012. Informe interno. Inst. Mar Perú 2012. 101 pp.
- Rebaza V, Tresierra A, Alfaro S, Vásquez C. (2013). El Ambiente Marino Costero De La Región La Libertad, 2010. Inst. Mar Perú. Callao Perú. Vo.1 40 N°3-4. 186-239.
- Rebaza V, Llanos J, De La Cruz J, Alfaro S, Castro J, Solano A, Ramirez P, Campos M, Torres D, De Lucio L, Galan J, Atoche D. (2016). Caracterización de áreas aptas para el desarrollo acuícola en las regiones Lambayeque y la Libertad. Inst. Mar Perú. Callao Perú. Vo.1 43 N°2. 192-209.
- Rivero, S. Elías, R. y Vallarino E. (2005). Primeros datos de la macroinfauna del puerto de Mar del Plata (Argentina), y el uso de poliquetos como Poliquetos (Annelida: Polychaeta) como indicadores biológicos de contaminación marina: casos en Colombia. 203 volumen 18 (1): 189-204 junio de 2015 ISSN 0124.177X Gestión y

Ambiente indicadores de contaminación”. Revista de Biología Marina y Oceanografía 40 (2): 101-108.

Sadiq M. (1992). Toxic metal chemistry in marine environments. Marcel Dekker. New York. 390 pp.

Solís-Weiss, V. (2010). Los gusanos marinos ayudan a detectar la contaminación de los mares. [Internet] Agencia Ciudadana de Ciencia e Innovación para Iberoamérica. Consultado el 5 de julio de 2013. <http://www.dicyt.com/noticias/los-gusanos-marinos-ayudan-a-detectar-la-contaminacion-de-los-mares>.

Salazar, S. I. De León, J.A. & Salaices, H. (1998). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México., 212 pp.

Salazar, N.C. Iannacone, J. Alvarino, L. Orozco R. & Miranda R. (2001). Estructura macrozoobentónica de fondo blando en la bahía de Ilo, Moquegua-Perú. *Wiñay Yachay*. 5: 179-192 pp.

Salzwedel, H. Flores, L. Ch. de Flores, E. Zafra, A. & Carbajal, G. (1988). Macrobentos del sublitoral peruano, antes, durante y después de el Niño 1982-83. En: H. Salzwedel y A. Landa (eds). Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano. Bol. Inst. Mar. Perú-Callao, Vol. Extraordinario: 77-98 pp.

Sladeczek, V. (1973). System of Water Quality from the Biological Point of View. Arch. Hydrobiol. Beih Ergebn. Limnol. 7: 1-218 pp.

Strickland, J. & Parson, T. (1972). Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Board of Canada Ottawa. Bulletin 167. 328 pp.

Tarazona, J. Indacochea, A. Valle, S. Córdova, C. Ochoa, N. Serrano W. & Peña. T. (2000). Impacto de “El Niño 1997-1998” sobre el ecosistema marino somero de la costa central de Perú. En J. Tarazona y E. Castillo (eds). El Niño 1997-1998 y su

impacto sobre los ecosistemas Marino y Terrestre. Rev. Perú. Biol. Vol. Extraordinario: 18-31 pp.

Tett, S. Mitchell, F. & Parker, B. (2003). Estimation of natural and anthropogenic contributions to 20th century temperature change, J. Geophys. Res., 107(D16). 32-36pp.

Tresierra A, Garcia V, Huerto M, Berru P, Reyes D, Cervabtes C. (2007). El Ferrol Bay Chimbote, Peru: an integrated view of its living resources and environment.2001-2005. Inf. Inst. Mar Peru 34(1) pp 25-68

Uribe, R. Rubio, J. Carbajal P. & Berrú. P. (2013). Invertebrados marinos bentónicos del litoral de la Región Áncash, Perú. Bol Inst Mar Perú. 28(1-2): 136-293.

Weihaupt J. (1984). Exploracion de los oceanos introduccion a la oceanografia quimica. Petro-tench.pp 10-15.

ANEXOS

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
físicos- químicos						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(pS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBOJ)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor)	mg/L	> 5	> 5	> 5	> 4	> 4
Potencial de Hidrógeno	Unidad de	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendidos	mg/L	< 25	< 100	< 400	< 100	< 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	ñ 3	ñ 3	ñ 3	ñ 2	ñ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L		0,12	0,12	0,081	0,081