

BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

VOLUMEN 34, Número 2



Julio - Diciembre 2019
Callao, Perú



PERÚ

Ministerio
de la Producción

CALIDAD DEL AMBIENTE MARINO Y COSTERO EN LA REGIÓN ÁNCASH, 2018

QUALITY OF THE COASTAL AND MARINE ENVIRONMENT OF THE ANCASH REGION, 2018

Victor García Nolzco¹Rita Orozco Moreyra²Miguel Perea de la Matta¹

RESUMEN

GARCÍA V, OROZCO R, PEREA M. 2019. Evaluación de la calidad del ambiente marino y costero en el litoral de la Región Áncash, 2018. Bol Inst Mar Perú. 34(2): 406-431.- Se evaluó la calidad ambiental en el litoral costero de la Región Áncash en noviembre - diciembre 2018. Los muestreos se efectuaron en las bahías Coishco, El Ferrol, Samanco, Los Chimus, Tortuga, Casma, Huarmey y caleta Culebras y en los ríos Santa, Lacramarca, Samanco, Nepeña, Casma, Culebras y Huarmey. Se encontraron valores termohalinos propios de Aguas Costeras Frías (ACF) y Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) con influencias de vertidos antrópicos y variaciones locales de evaporación como resultado de menores profundidades en las áreas evaluadas. El oxígeno disuelto superficial en Samanco fue mayor a 8 mg/L por influencia de microorganismos fitoplanctónicos formadores de marea roja; en caleta Culebras y Huarmey fueron menores a 3,50 mg/L por el proceso de afloramiento costero. Los nutrientes presentaron algunos valores que superaron lo indicado por la normatividad vigente. Se detectó diatomeas de aguas cálidas: *Planktoniella sol*, *Proboscia alata*, *Rhizosolenia robusta* y *Protoperidinium oceanicum*. Los dinoflagelados potencialmente tóxicos fueron *Dinophysis acuminata*, *D. caudata* y *D. tripos* que se encontraron en todas las bahías y caletas y, *Prorocentrum cordatum* en El Ferrol, Samanco, Tortuga y Casma. Los agentes contaminantes de sólidos suspendidos totales en promedio no superaron lo establecido (60 mg/L) por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. La demanda bioquímica de oxígeno en la cuenca baja de los ríos estuvo dentro de la normatividad vigente.

PALABRAS CLAVE: ambiente, calidad de agua, contaminación, zona costera

ABSTRACT

GARCÍA V, OROZCO R, PEREA M. 2019. Assessment of the quality of the coastal and marine environment on the littoral of the Ancash Region, 2018. Bol Inst Mar Peru. 34(2): 406-431.- In November-December 2018, the environmental quality of the Ancash Region was assessed. Sampling was carried out in Coishco, El Ferrol, Samanco, Los Chimus, Tortuga, Casma, Huarmey, and Culebras cove Bays and in the Santa, Lacramarca, Samanco, Nepeña, Casma, Culebras, and Huarmey Rivers were typical of Cold Coastal Waters (CFW) and Surface Subtropical Waters (SSA) with influence of anthropic discharges and local variations of evaporation (result of shallower depths in the evaluated areas). Surface dissolved oxygen in Samanco was greater than 8 mg/L due to the presence of red tide; in Culebras cove and Huarmey, it was less than 3.50 mg/L due to coastal upwelling. The nutrients presented some values that surpassed the current regulations. Warm water diatoms were detected: *Planktoniella sol*, *Proboscia alata*, *Rhizosolenia robusta*, and *Protoperidinium oceanicum*. The potentially toxic dinoflagellates were: *Dinophysis acuminata*, *D. caudata*, and *D. tripos* found in all bays and coves and, *Prorocentrum cordatum* in El Ferrol, Samanco, Tortuga, and Casma. The total suspended solids pollutants on average did not exceed what was established (60 mg/L) by the National Environmental Quality Standards for Water. The biochemical oxygen demand in the lower river basin was within the current regulations.

KEYWORDS: environment, water quality, pollution, coastal zone

1. INTRODUCCIÓN

La industria pesquera en Chimbote está orientada a la producción de harina, aceite de pescado, conservas, maricultura y pesca artesanal para consumo humano directo para el mercado interno y externo, bajo este contexto los desechos producidos son vertidos directamente al mar por algunas fábricas que no se han modernizado y no están asociadas al emisor

1. INTRODUCTION

In Chimbote, the fishing industry is oriented to the production of fish meal, fish oil, preserves, mariculture, and artisanal fishing for direct human consumption for the internal and external market. Both the waste from some factories that have not been modernized and are not associated with the submarine emitter (which operates in El

1 IMARPE, Laboratorio Costero de Chimbote, Prolongación Los Pinos, s/n, La Caleta, Chimbote. vgarcia@imarpe.gob.pe

2 IMARPE, Esquina Gamarra y Gral. Valle, Callao, Perú

submarino, que opera en la bahía El Ferrol, si a estas condiciones se le agregan las aguas domésticas producidas por las ciudades adyacentes al litoral costero, se agudizan los problemas de contaminación.

Las actividades productivas vierten continuamente diferentes tipos de desechos: líquidos, sólidos y biomédicos al medio acuático, estos vertidos influyen en las condiciones oceanográficas, los agentes contaminantes producen perturbación del ecosistema marino, que en ocasiones generan situaciones de hipoxia y en casos extremos condiciones de anoxia que perjudica la relación recurso - ambiente.

En la bahía El Ferrol se efectuaron trabajos sobre calidad ambiental hasta 1998 (CONOPUMA, 1989; CUADROS y GONZALES, 1991; SÁNCHEZ *et al.*, 1994; OROZCO *et al.*, 1996; JACINTO *et al.*, 1997; ENRIQUEZ *et al.*, 1998), en el 2002 se retomaron estos estudios con la evaluación de las bahías de Coishco y El Ferrol (GUZMÁN *et al.*, 2002); a partir del 2006 se realiza en el litoral costero hasta Huarney (GARCÍA *et al.*, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013) demostrándose que en época de actividad pesquera las aguas residuales influyen en el medio marino detectándose áreas contaminadas; en tanto que, en época de veda se produce un ligero restablecimiento del ecosistema marino.

La bahía de Samanco presenta diversidad biológica que se manifiesta en la presencia de recursos marinos de importancia no sólo ecológica, sino también socio-económica, permitiendo el desarrollo de la pesca industrial, artesanal y actividades de maricultura, observándose impactos de restos de materia orgánica; condición similar se encontró en Tortuga; en Casma, caleta Culebras y Huarney sobresale la pesca artesanal que tiende al lavado del pejerrey cuyos residuos son descargados al medio marino generando contaminación, además, en Huarney también hay embarque de minerales a través del muelle de Antamina (GARCÍA *et al.*, 2011).

En el litoral costero de la Región Áncash a lo largo de su área marina se encuentran zonas arenosas y acantilados rocosos formando ensenadas y bahías, que en muchos de los casos presentan áreas semicerradas como las bahías El Ferrol, Samanco y Tortuga, donde la circulación marina es lenta, que no permiten la rápida depuración de las masas de agua. El presente trabajo da a conocer la información sistemática sobre el estado de afectación ambiental del litoral marino costero de la Región Áncash.

Ferrol Bay), as well as domestic wastewater are discharged directly into the sea, contributing to pollution.

The productive activities continuously dump different types of waste: liquid, solid, and biomedical into the aquatic environment influencing oceanographic conditions. Pollutants disrupt the marine ecosystem, sometimes leading to hypoxia or anoxia, damaging the resource-environment relationship.

In El Ferrol Bay, environmental quality studies were carried out until 1998 (CONOPUMA, 1989; CUADROS & GONZALES, 1991; SÁNCHEZ *et al.*, 1994; OROZCO *et al.*, 1996; JACINTO *et al.*, 1997; ENRIQUEZ *et al.*, 1998). In 2002, these studies were retaken with the assessment of Coishco and El Ferrol Bays (GUZMÁN *et al.*, 2002); from 2006 onwards, it was carried out on the coastline up to Huarney (GARCÍA *et al.*, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013) demonstrating that during the fishing season, wastewater influences the marine environment and polluted areas are detected; while during the closed season, there is a slight re-establishment of the marine ecosystem.

In Samanco Bay, there is a diversity of marine resources of not only ecological but also socio-economic importance; industrial fishing, artisanal fishing, and mariculture activities are carried out there, resulting in impacts of residual organic matter; this situation was also found in Tortuga. In Casma, Culebras cove, and Huarney, where silverside is washed by artisanal fisheries, whose residues are discharged into the marine environment, generating pollution. In addition, there is an ore-shipping dock (Antamina) in Huarney (GARCÍA *et al.*, 2011).

Sandy areas and rocky cliffs forming inlets and bays, which in many cases have semi-enclosed areas such as the El Ferrol, Samanco, and Tortuga Bays, are characteristic features of the littoral of the Ancash Region. Such elements do not allow rapid purification of water masses since marine circulation is slow. This paper provides systematic information on the condition of the coastal marine environment of the Ancash Region.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio.- El litoral costero está determinado por las latitudes 8°47' a 10°07'S (Fig. 1), comprende sistemas de bahías abiertas y cerradas, con zonas protegidas por las islas Santa (Coishco), Blanca y Ferroles (El Ferrol), Redonda (Samanco), Los Chimus y Tortuga (Tortuga), y por acantilados rocosos que se extienden por las bahías de Casma y Huarney, estos cordones litorales que se levantan en el borde de la unidad morfológica no permiten la acción directa de los vientos predominantes al medio acuático; el área evaluada comprende las provincias Del Santa (bahías Coishco, El Ferrol, Samanco y Los Chimus), Casma (bahías Tortuga y Casma) y Huarney (caleta Culebras y bahía Huarney).

Muestreo de campo.- Durante el 2018 la prospección por mar se realizó del 15 al 22 de noviembre; por mar somero y ríos del 28 al 30 de noviembre y del 1 al 5 de diciembre se evaluó el litoral costero de las principales bahías y caletas de la Región Áncash.

Se monitorearon las bahías Coishco, El Ferrol, Samanco, Los Chimus, Tortuga, Casma, Huarney y caleta Culebras; así como la cuenca baja de los ríos Santa, Lacramarca, Samanco, Nepeña, Casma, Culebras y Huarney. El monitoreo se realizó entre las latitudes 8°47' a 10°07'S (Fig. 1), utilizando para la navegación el BIC Imarpe V provisto de un compás magnético y un equipo de posicionamiento global (GPS) y por línea de playa y riberas de los ríos se utilizó una camioneta y un GPS de marca Garmin.

2. MATERIAL AND METHODS

Study Area.- The coastline is located between latitude 8°47' to 10°07'S (Fig. 1) and includes open and closed bays, with protected areas for the Santa (Coishco), Blanca, and Ferroles (El Ferrol), Redonda (Samanco), Los Chimus, and Tortuga (Tortuga) Islands, and rocky cliffs stretching across the Casma and Huarney Bays, which do not allow the direct action of winds on the aquatic environment. The evaluated area includes the Del Santa (Coishco, El Ferrol, Samanco, and Los Chimus Bays), Casma (Tortuga and Casma Bays) and Huarney (Culebras cove and Huarney bay) Provinces.

Field sampling.- In 2018, a survey by sea was carried out from 15 to 22 November; by shallow sea and rivers from 28 to 30 November, and by the coastline of the main bays and coves of the Ancash Region from 1 to 5 December.

The Coishco, El Ferrol, Samanco, Los Chimus, Tortuga, Casma, Huarney Bays, and Culebras cove were monitored, as well as the lower basin of the Santa, Lacramarca, Samanco, Nepeña, Casma, Culebras, and Huarney Rivers. The monitoring was carried out onboard the R/V Imarpe V, which is equipped with a magnetic compass and global positioning equipment (GPS), between latitude 8°47' to 10°07'S (Fig. 1). Also, a pick-up truck and a Garmin GPS were used along the beach and riverbanks located in that area.

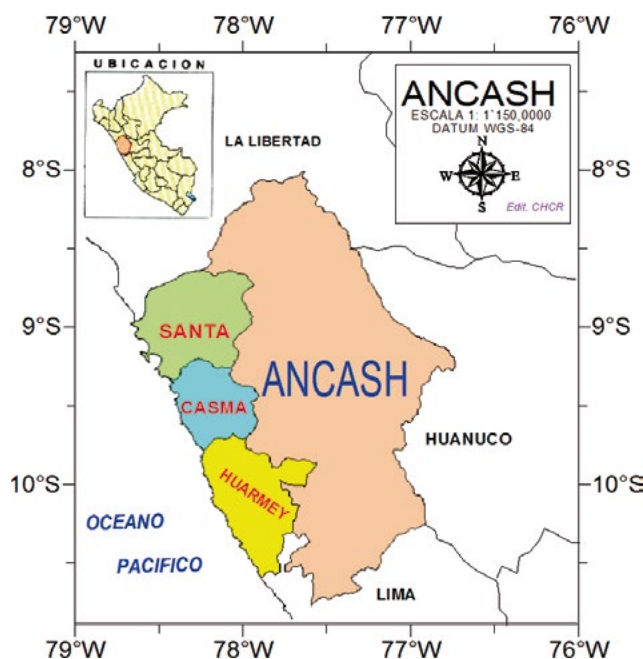


Figura 1.- Ubicación de las áreas evaluadas en la Región Áncash

Figure 1. Location of the assessed areas in the Ancash Region

Muestreo por mar.- En cada una de las bahías Coishco, Los Chimus, Tortuga y Casma se evaluaron ocho estaciones; 10 estaciones en las bahías El Ferrol, Samanco y Huarmey y, 11 en caleta Culebras, haciendo un total de 73 estaciones hidrográficas y oceanográficas con muestreos a 0 y 5 m (provincias Del Santa y Casma), a 15 m de la superficie (provincia de Huarmey) y a un metro del fondo (Figs. 2, 3, 4).

En cada nivel se registró la temperatura con un termómetro de mercurio y de inversión Kahlsico. La transparencia se midió con disco Secchi. Las muestras en superficie se recolectaron con un balde de plástico de 10 litros, y en el fondo con una botella Niskin de 5 litros de capacidad provista de portatermómetro. Se determinó el oxígeno disuelto y pH *in situ*, se recolectaron muestras para salinidad, nutrientes, sólidos suspendidos totales, aceites y grasa, sulfuros, demanda bioquímica de oxígeno e indicadores de contaminación microbiológica.

Sampling by sea.- In each of the Coishco, Los Chimus, Tortuga, and Casma Bays, a total of eight stations were assessed; 10 stations in the El Ferrol, Samanco, and Huarmey Bays and 11 in Culebras cove, totaling 73 hydrographic and oceanographic stations with sampling at 0 and 5 m (Del Santa and Casma Provinces), 15 m from the surface (Huarmey Province), and one meter from the bottom (Figs. 2, 3, 4).

At each level, the temperature was recorded with a mercury thermometer and Kahlsico reversing thermometer. Transparency was measured with a Secchi disk. The surface samples were collected with a plastic bucket of 10 liters, and in the bottom with a 5-liter Niskin bottle equipped with a thermometer holder. Dissolved oxygen and pH were determined *in situ*, samples were collected for salinity, nutrients, total suspended solids, oils and fat, sulfides, biochemical oxygen demand, and indicators of microbial pollution.

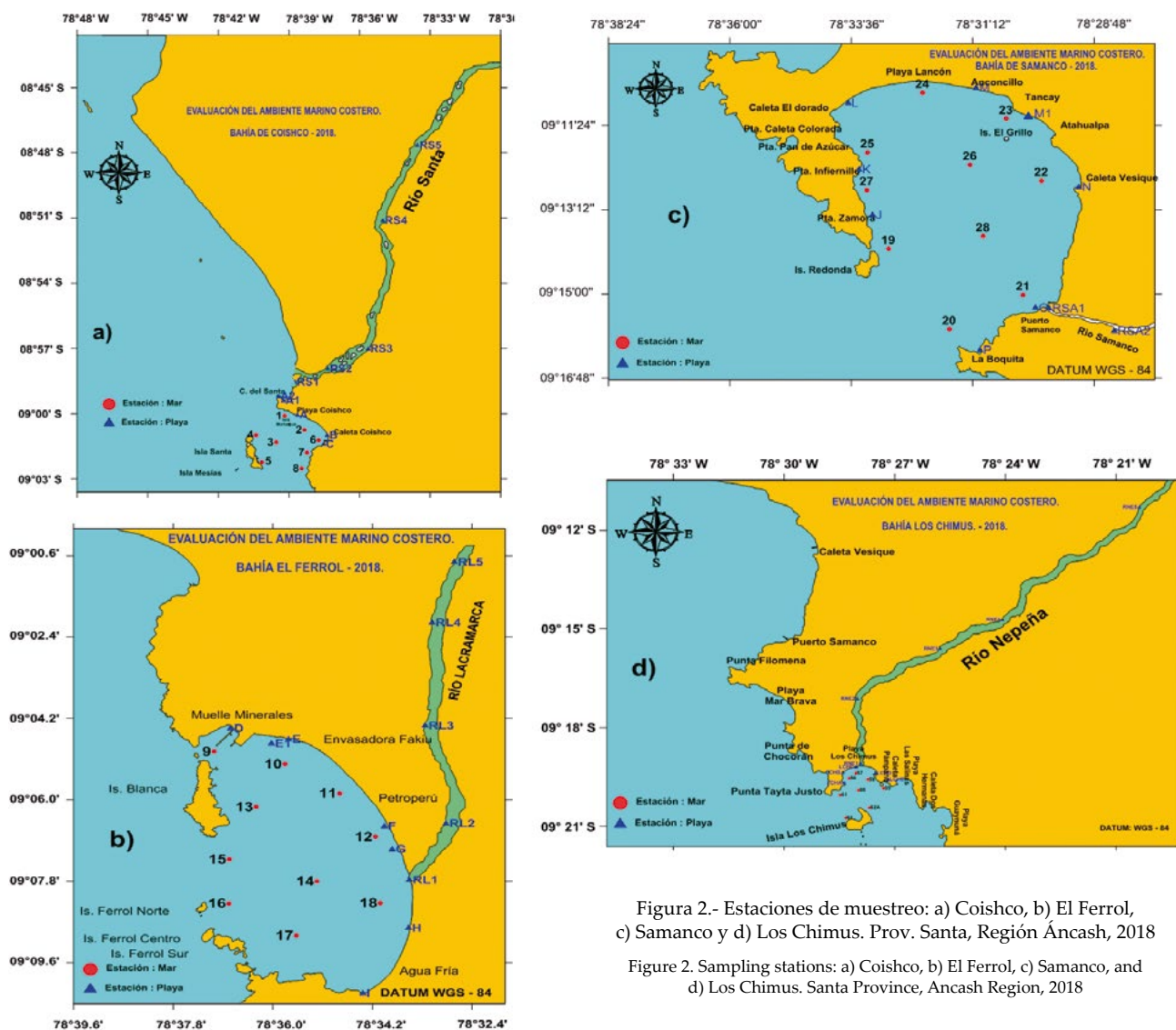


Figura 2.- Estaciones de muestreo: a) Coishco, b) El Ferrol, c) Samanco y d) Los Chimus. Prov. Santa, Región Áncash, 2018
 Figure 2. Sampling stations: a) Coishco, b) El Ferrol, c) Samanco, and d) Los Chimus. Santa Province, Ancash Region, 2018

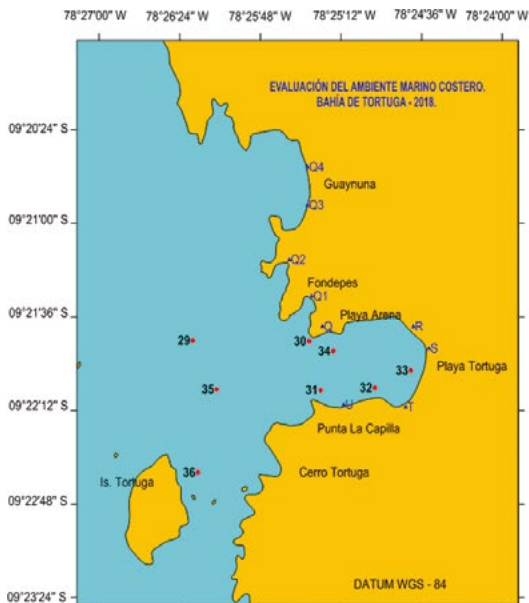


Figura 3.- Estaciones de muestreo a) Tortuga, b) Casma. Prov. de Casma, Región Ancash, 2018

Figure 3. Sampling stations: a) Tortuga, b) Casma. Casma Province, Ancash Region, 2018



Figura 4.- Estaciones de muestreo a) caleta Culebras, b) Huaramey. Prov. de Huaramey, Región Ancash, 2018

Figure 4. Sampling stations: a) Culebras cove, b) Huaramey. Huaramey Province, Ancash Region, 2018

Para el estudio de materia orgánica se obtuvieron muestras de sedimentos con una draga van Veen. Todas las muestras fueron preservadas a bordo con hielo a excepción de las destinadas a la determinación de oxígeno disuelto, sulfuro de hidrógeno y salinidad. Las corrientes marinas se registraron con un correntómetro Aandera RCM9. Las muestras de fitoplancton se lograron con arrastres subsuperficiales por 5 minutos y velocidad entre 2 y 3 nudos.

Muestreo por línea de playa y ribera de ríos.- Por línea de playa se seleccionaron 43 estaciones, 5 en la cuenca baja de los ríos Santa, Lacramarca y Nepeña; 2 en Casma y 4 en Huaramey. En el río Samanco se trabajó en dos estaciones pero en el río Culebras no se obtuvo muestras por estar seco en toda su extensión. Los puntos de muestreo en el río Samanco se tomaron en la desembocadura al mar y aproximadamente a mil metros de distancia entre cada uno de los puntos,

For the study of organic matter, sediment samples were obtained with a van Veen dredge. All samples were preserved on board with ice, except those for dissolved oxygen, hydrogen sulfide, and salinity. Marine currents were recorded with an Aandera RCM9 current meter. Phytoplankton samples were obtained through subsurface trawls for 5 minutes and at a speed between 2 and 3 knots.

Sampling by beach line and riverbanks.- By beach line, a total of 43 stations were selected, 5 in the lower basin of the Santa, Lacramarca, and Nepeña Rivers; 2 in Casma, and 4 in Huaramey. In the Samanco River, work was carried out in two stations, but in the Culebras River, samples were not obtained since it is dry in all its extension. Sampling points on the Samanco River were taken at the mouth of the sea and approximately one thousand meters between each of the points, except for the RS4 and

a excepción de los puntos RS₄ y RS₅ que estuvieron a 2.500 m de distancia aproximadamente; por línea de playa estuvieron a 20 m de distancia de la orilla y se tomaron muestras en muelles y zonas de mezcla.

Metodología analítica.- Las determinaciones físico-químicas y microbiológicas se basaron en los siguientes métodos:

Método titulométrico de Winkler modificado por CARRIT & CARPENTERS (1966) para determinación de oxígeno disuelto.

Método colorimétrico de STICKLAND & PARSONS (1972) para determinación de nutrientes.

Método colorimétrico de Fonselius (Grasshof, 1976) para determinación de sulfuro de hidrógeno.

Método potenciométrico, equipo portátil pH-metro para determinación del pH.

Método gravimétrico de USEPA (1986) para determinación de sólidos suspendidos.

Método gravimétrico (ENVIRONMENT WATER RESOURCES SERVICE 1976) para determinación de aceites y grasas.

Método de inducción, Portasal Guildline 8410A, para determinación de salinidad.

Método del International Standard Organization 5815, (1983) para determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

Método de tubos múltiples (Número más probable) (APHA, 1995) para el examen de aguas residuales.

La circulación marina se registró con un correntómetro Aandera RCM9. Los análisis geoquímicos de materia orgánica total se basaron en DEAN (1974).

En laboratorio se obtuvieron los volúmenes de plancton por centrifugación a 2.400 RPM durante 5 minutos, y se empleó la fórmula:

$$V = \frac{Vc}{K}$$

Donde:

V = volumen de plancton

Vc = volumen de plancton centrifugado (mL)

K = 6,6273 m³, constante que indica el agua filtrada por la red

RS5 points which were approximately 2,500 m away; along the beach line, they were 20 m away from the shore and samples were taken in docks and mixing zones.

Analytical methodology.- The physical-chemical and microbiological determinations were based on the following methods:

Winkler titrimetric method modified by CARRIT & CARPENTER (1966) for the determination of dissolved oxygen.

STICKLAND & PARSONS (1972) colorimetric method (1972) for nutrient determination.

Fonselius colorimetric method (GRASSHOF, 1976) for the determination of hydrogen sulfide.

Potentiometric method, portable pH meter for pH determination.

USEPA gravimetric method (1986) for the determination of suspended solids.

Gravimetric method (ENVIRONMENT WATER RESOURCES SERVICE 1976) for the determination of oils and fat.

Induction method, Portasal Guildline 8410A, for determination of salinity.

International Standard Organization Method 5815, (1983) for the Determination of Biochemical Oxygen Demand (BOD₅).

Multiple-tube method (Most Probable Number) (APHA, 1995) for the examination of wastewater

Marine circulation was recorded with an Aandera RCM9 current meter. Geochemical analyses of total organic matter were based on DEAN (1974).

In the laboratory, plankton volumes were obtained by centrifugation at 2,400 RPM for 5 minutes, and the following formula was used:

$$V = \frac{Vc}{K}$$

Where:

V = plankton volume

Vc = centrifuged plankton volume (mL)

K = 6.6273 m³, constant that indicates the water filtered by the plankton network

Los resultados finales son expresados en mililitros de plancton por metro cúbico de agua de mar filtrada (mL/m³).

Las muestras fueron analizadas semicuantitativamente considerando la proporción de los principales grupos del plancton, así como de las especies más abundantes, otorgándoles valores convencionales según metodología estandarizada: Ausente 0, Presente 1, Escaso 2, Abundante y Muy abundante 4.

3. RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

Transparencia (m)

La transparencia varió de 2,3 m en Samanco a 6,1 m en Huarmey, el promedio anual fue 3,8 m de profundidad (Tabla 1). Las mejores visibilidades se encontraron en el frente oceánico; en tanto que, las más bajas en el borde costero.

Temperatura (°C)

Los registros térmicos superficiales en noviembre variaron de 15,9 °C (Huarmey) a 20,1 °C (Samanco), el promedio anual fue 17,8 °C. Los registros térmicos más altos se presentaron en las bahías El Ferrol y Samanco (norte de la Región), que por presentar forma de media luna no permiten rápido cambio de sus masas de agua; las temperaturas menores a 17 °C se encontraron desde Casma hasta Huarmey (sur de la Región) (Tabla 1).

A cinco metros de profundidad osciló entre 16,5 °C (Casma) y 19,2 °C (Samanco), el promedio anual fue 17,9 °C. A quince metros de profundidad los valores térmicos variaron de 15,5 °C (Huarmey) a 15,6 °C (caleta Culebras), el promedio anual de 15,6 °C. Ambos valores se localizaron en la provincia de Huarmey, al sur de la Región, que son áreas abiertas con mayor flujo de desplazamientos de sus masas de agua. En el fondo varió entre 15,3 °C (caleta Culebras, Huarmey) y 18,3 °C (Samanco).

Salinidad (ups)

En superficie la salinidad promedio varió de 34,738 ups (Coishco) a 35,120 ups (Samanco), el promedio anual fue 34,964 ups (Tabla 1). Las concentraciones menores a 34,800 ups se encontraron muy cerca al borde costero en Coishco. La distribución halina estuvo influenciada por las descargas continentales; así como, por vertidos antrópicos. Se presentó mezcla de Aguas Costeras Frías (ACF) con Aguas Subtropicales Superficiales (ASS).

The final results are expressed in milliliters of plankton per cubic meter of filtered seawater (mL/m³).

The samples were analyzed semi-quantitatively by considering the proportion of the main plankton groups, as well as the most abundant species, giving them conventional values according to standardized methodology: Absent 0, Present 1, Scarce 2, Abundant and Very abundant 4.

3. RESULTS

PHYSICAL-CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS

Transparency (m)

Transparency ranged from 2.3 m in Samanco to 6.1 m in Huarmey, the annual mean was 3.8 m of depth (Table 1). The best visibilities were found in the oceanfront, while the lowest ones were found in the coastal edge.

Temperature (°C)

In November, surface temperature records ranged from 15.9 °C (Huarmey) to 20.1 °C (Samanco), with an annual mean of 17.8 °C. The highest thermal records were found in El Ferrol and Samanco Bays (north of the Region) since they are crescent-shaped and therefore do not allow rapid change of their water masses; temperatures below 17 °C were found from Casma to Huarmey (south of the Region) (Table 1).

At a depth of five meters, it ranged from 16.5 °C (Casma) to 19.2 °C (Samanco), with an annual mean of 17.9 °C. At fifteen meters of depth, the thermal values varied from 15.5 °C (Huarmey) to 15.6 °C (Culebras cove), and the annual mean of 15.6 °C. Both values were located in the Huarmey Province, to the south of the Region, which are open areas with a greater flow of their water masses. At the bottom, it varied between 15.3 °C (Culebras cove, Huarmey) and 18.3 °C (Samanco).

Salinity (ups)

At the surface level, the mean salinity ranged from 34.738 ups (Coishco) to 35.120 ups (Samanco), the annual mean was 34.964 ups (Table 1). Concentrations less than 34.800 ups were found very close to the coastline in Coishco. The haline distribution was influenced by continental discharges, and by anthropogenic discharges. A mixture of Cold Coastal Waters (CCW) and Surface Subtropical Waters (SSW) was presented.

Tabla 1.- Parámetros físicos promedio. Calidad ambiental marino y costero. Región Áncash, 2018

Lugar	Nivel		Transparencia (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	Corrientes marinas		
	s = superficie	i = intermedio 5 y 15 m				Velocidad (cm)	Dirección (°)	
	f = fondo							
Coishco	s		2,8	18,1	34,738	15,19	86	
	i=5			18,0	34,780	11,85	128	
	f			16,9	34,886	9,29	190	
El Ferrol	s		2,7	18,6	34,832	10,21	139	
	i=5			18,3	34,873	7,72	157	
	f			17,9	34,861	6,60	142	
Samanco	s		2,3	20,1	35,120	15,10	145	
	i=5			19,2	35,045	9,56	169	
	f			18,3	35,031	7,76	215	
Los Chimus	s		3,6	18,3	35,022	9,38	146	
	i=5			18,1	35,005	7,12	204	
	f			16,2	34,983	5,17	246	
Tortuga	s		4,9	18,0	35,017	10,00	173	
	i=5			17,1	34,981	6,74	251	
	f			16,5	34,977	6,23	187	
Casma	s		3,9	16,8	34,977	10,81	92	
	i=5			16,5	34,977	7,44	230	
	f			15,7	34,730	8,76	166	
Caleta Culebras	s		4,1	16,2	35,010	12,93	134	
	i=15			15,6	34,988	9,79	195	
	f			15,3	34,965	10,32	144	
Huarmey	s		6,1	15,9	34,992	12,51	43	
	i=15			15,5	34,986	7,02	196	
	f			15,3	34,968	5,85	132	
Promedio anual	s		3,8	17,8	34,964	12,02	120	
	i = 5 m			...	17,9	34,944	8,41	189
	i = 15 m			...	15,6	34,987	8,41	196
	f		...	16,5	34,925	7,50	178	

A 5 m de profundidad, de Coishco a Casma, las concentraciones variaron de 34,780 ups (Coishco) a 35,045 ups (Samanco), el promedio anual fue 34,944 ups. A 15 m de profundidad, de caleta Culebras a Huarmey, presentó concentraciones más estables y con homogeneidad de valores (>34,800 ups). Al mismo nivel, desde el sur de Huarmey hasta el norte de caleta Culebras, la distribución halina incrementó su concentración. En fondo varió de 34,730 ups (Casma) a 35,031 ups (Samanco), el promedio anual fue 34,925 ups. La distribución halina presentó las concentraciones más bajas por inmediaciones del puerto de Casma; en tanto que, en Samanco se localizaron las concentraciones mayores a 35,000 ups.

Corrientes marinas (cm/s)

En superficie la velocidad y dirección promedio de las corrientes marinas superficiales presentaron intensidades de flujo de 9,38 cm/s (Los Chimus) a 15,19 cm/s (Coishco), el promedio anual fue 12,02 cm/s (Tabla 1). Las masas de agua presentaron flujos mayores a 12 cm/s en las bahías Coishco, Samanco, Huarmey y caleta Culebras; los flujos próximos a

At a depth of 5 m, from Coishco to Casma, concentrations ranged from 34.780 ups (Coishco) to 35.045 ups (Samanco), the annual mean was 34.944 ups. At a depth of 15 m, from Culebras cove to Huarmey, it presented more stable concentrations with homogeneous values (>34.800 ups). At the same level, from the south of Huarmey to the north of Culebras cove, the haline distribution increased its concentration. At the bottom, it varied from 34.730 ups (Casma) to 35.031 ups (Samanco), the annual mean was 34.925 ups. The haline distribution presented the lowest concentrations in the surroundings of the port of Casma; while in Samanco, concentrations greater than 35.000 ups were observed.

Marine currents (cm/s)

At the surface, the mean speed and direction of the surface currents presented flow intensities of 9.38 cm/s (Los Chimus) to 15.19 cm/s (Coishco); the annual mean was 12.02 cm/s (Table 1). Water masses presented flows greater than 12 cm/s in Coishco, Samanco, Huarmey, and Culebras Bays; flows close to 10 cm/s, were presented in El Ferrol,

10 cm/s, se presentaron en El Ferrol, Los Chimus, Tortuga y Casma. Se observaron variaciones locales con movimientos ciclónicos en las bahías El Ferrol, Samanco y Tortuga al ser bahías semicerradas.

A cinco metros de profundidad la velocidad osciló entre 6,74 cm/s (Tortuga) y 11,85 cm/s (Coishco), el promedio anual fue 8,41 cm/s; al mismo nivel, la circulación presentó valores menores a 12 cm/s de Coishco a Casma. A 15 m de profundidad las intensidades variaron de 7,02 cm/s (Huarney) a 9,79 cm/s (caleta Culebras), el promedio anual fue 8,41 cm/s. En el fondo las velocidades variaron de 5,17 cm/s (Los Chimus) a 10,32 cm/s (caleta Culebras), el promedio anual fue 7,50 cm/s).

Potencial de iones Hidronio (pH)

En superficie el pH presentó concentraciones de 8,45 unidades (El Ferrol, Casma y Huarney) a 8,99 unidades (Samanco) (Tabla 2). Las concentraciones más altas estuvieron asociadas a la marea roja observada en Samanco.

En el fondo varió de 8,15 unidades (Los Chimus) a 8,89 unidades (Samanco). Las concentraciones más altas se localizaron en Samanco y Tortuga. Se observó relación directa de la concentración de pH con el oxígeno (Fig. 5).

Oxígeno disuelto (mg/L)

En superficie el oxígeno promedio fluctuó entre 1,86 mg/L en Huarney y 8,52 mg/L en Samanco, el promedio anual fue 5,85 mg/L (Tabla 2). Los valores mayores a 8,00 mg/L encontrados en Samanco fueron influenciados por marea roja; por la zona sur, de caleta Culebras a Huarney, estuvieron influenciados por el afloramiento costero con valores de oxígeno < 3,50 mg/L.

Los Chimus, Tortuga, and Casma. Local variations with cyclonic movements were observed in El Ferrol, Samanco, and Tortuga Bays as they are semi-closed bays.

At a depth of five meters, the speed ranged from 6.74 cm/s (Tortuga) to 11.85 cm/s (Coishco), the annual mean was 8.41 cm/s; at the same level, circulation was less than 12 cm/s from Coishco to Casma. At a depth of 15 m, the intensities ranged from 7.02 cm/s (Huarney) to 9.79 cm/s (Culebras cove), with an annual mean of 8.41 cm/s. At the bottom, speeds ranged from 5.17 cm/s (Los Chimus) to 10.32 cm/s (Culebras cove), the annual mean was 7.50 cm/s).

Potential Hydronium Ions (pH)

At the surface, the pH presented concentrations from 8.45 units (El Ferrol, Casma, and Huarney) to 8.99 units (Samanco) (Table 2). The highest concentrations were associated with the red tide observed in Samanco.

At the bottom, it ranged from 8.15 units (Los Chimus) to 8.89 units (Samanco). The highest concentrations were located in Samanco and Tortuga. A direct ratio between pH concentration and oxygen was observed (Fig. 5).

Dissolved oxygen (mg/L)

At the surface, the mean oxygen fluctuated between 1.86 mg/L in Huarney and 8.52 mg/L in Samanco; the annual mean was 5.85 mg/L (Table 2). Values greater than 8.00 mg/L found in Samanco were influenced by the red tide; in the southern zone, from Culebras cove to Huarney, they were influenced by coastal upwelling with oxygen values < 3.50 mg/L.

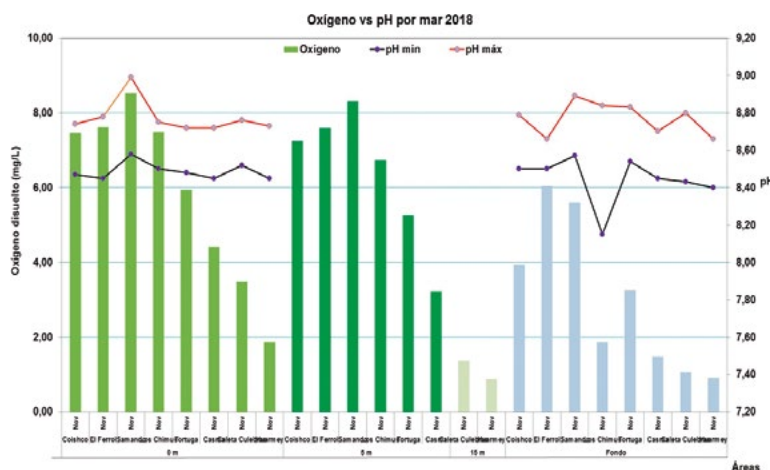


Figura 5.- Variación de oxígeno (mg/L) promedio vs. pH. Región Áncash – 2018

Figure 5. Mean oxygen variation (mg/L) vs. pH. Ancash Region – 2018

Tabla 2.- Parámetros químicos promedio. Calidad ambiental marino y costero. Región Áncash, 2018

Table 2. Mean chemical parameters. Marine and coastal environmental quality. Ancash Region, 2018

Lugar	Nivel		pH	Oxígeno (mg/L)	Fosfatos (μ M)	Silicatos (μ M)	Nitratos (μ M)	Nitritos (μ M)	
	s = superficie	i = intermedio 5 y 15 m							
	f = fondo	mín							máx
Coishco	s		8,47	8,74	7,46	1,86	8,33	6,39	1,72
	i=5		...	...	7,24	1,73	7,94	5,62	1,67
	f		8,50	8,79	3,93	2,20	7,90	6,64	2,32
El Ferrol	s		8,45	8,78	7,61	1,96	17,31	8,38	1,70
	i=5		...	...	7,59	1,93	15,17	6,84	1,66
	f		8,50	8,66	6,05	2,23	18,08	8,93	1,96
Samanco	s		8,58	8,99	8,52	1,42	7,20	2,09	0,47
	i=5		...	...	8,31	1,37	6,47	1,11	0,73
	f		8,57	8,89	5,60	1,75	9,87	3,87	1,11
Los Chimus	s		8,50	8,75	7,49	2,11	9,75	10,68	1,50
	i=5		...	...	6,73	2,22	9,72	10,16	1,51
	f		8,15	8,84	1,86	2,75	14,01	9,01	2,35
Tortuga	s		8,48	8,72	5,94	2,99	10,74	8,08	2,63
	i=5		...	...	5,27	3,06	11,46	8,86	2,85
	f		8,54	8,83	3,25	3,32	12,81	8,00	3,17
Casma	s		8,45	8,72	4,42	3,09	11,87	10,20	2,75
	i=5		...	...	3,23	3,36	12,45	9,76	2,84
	f		8,45	8,70	1,48	3,47	16,41	8,48	3,69
Caleta Culebras	s		8,52	8,76	3,48	3,57	17,17	7,15	5,27
	i=15		...	...	1,37	3,54	17,57	6,37	5,69
	f		8,43	8,80	1,07	3,69	18,80	6,15	5,99
Huarmey	s		8,45	8,73	1,86	3,60	19,51	6,99	5,71
	i=15		...	...	0,89	3,07	17,13	6,74	5,54
	f		8,40	8,66	0,91	3,65	20,42	5,98	5,66
Promedio anual	s		8,45	8,99	5,85	2,58	12,74	7,50	2,72
	i = 5 m		...	...	6,40	2,28	10,54	7,06	1,88
	i = 15 m		...	...	1,13	3,31	17,35	6,56	5,62
	f		8,15	8,89	3,02	2,88	14,78	7,13	3,28

A cinco metros de profundidad varió de 3,23 mg/L (Casma) a 8,31 mg/L (Samanco), el promedio anual fue 6,40 mg/L. El valor más alto estuvo influenciado por la marea roja observada en Samanco, las concentraciones más bajas se localizaron en Tortuga y Casma. A 15 m de profundidad las concentraciones de oxígeno variaron de 0,89 mg/L (Huarmey) a 1,37 mg/L (caleta Culebras), el promedio anual fue 1,13 mg/L. Estas concentraciones estuvieron asociadas al proceso de afloramiento costero. En el fondo fluctuó entre 0,91 mg/L (Huarmey) y 6,05 mg/L (El Ferrol), el promedio anual fue 3,02 mg/L (Fig. 5).

Fosfatos (μ M)

Superficialmente en promedio fluctuaron entre 1,42 μ M (Samanco) y 3,60 μ M (Huarmey), el promedio anual fue 2,58 μ M (Tabla 2). Se observó por la parte norte de la Región que las concentraciones fueron menores a 2 μ M y por la zona sur fueron mayores a 3 μ M.

At a depth of five meters, it ranged from 3.23 mg/L (Casma) to 8.31 mg/L (Samanco), with an annual mean of 6.40 mg/L. The highest value was influenced by the red tide observed in Samanco, the lowest concentrations were located in Tortuga and Casma. At a depth of 15 m, oxygen concentrations ranged from 0.89 mg/L (Huarmey) to 1.37 mg/L (Culebras cove), with an annual mean of 1.13 mg/L. These concentrations were associated with the coastal upwelling process. At the bottom, it fluctuated between 0.91 mg/L (Huarmey) and 6.05 mg/L (El Ferrol), the annual mean was 3.02 mg/L (Fig. 5).

Phosphates (μ M)

At the surface, on average, they fluctuated between 1.42 μ M (Samanco) and 3.60 μ M (Huarmey); the annual mean was 2.58 μ M (Table 2). It was observed in the northern part of the Region that the concentrations were lower than 2 μ M and in the southern zone, they were higher than 3 μ M.

A cinco metros de profundidad la concentración varió de 1,37 μM (Samanco) a 3,36 μM (Casma); la distribución presentó similar tendencia a lo observado en superficie, concentraciones altas al norte y bajas al sur. A 15 m de profundidad los fosfatos fluctuaron entre 3,07 μM (Huarmey) y 3,54 μM (caleta Culebras), el promedio anual fue 3,31 μM . La distribución incrementó su concentración de Huarmey a caleta Culebras. En el fondo se presentaron concentraciones de 1,75 μM (Samanco) a 3,69 μM (caleta Culebras), el promedio anual fue 2,88 μM .

Silicatos (μM)

Superficialmente varió de 7,20 μM en Samanco a 19,51 μM en Huarmey, el promedio anual fue 12,74 μM (Tabla 2). La distribución presentó concentraciones mayores a 15 μM en El Ferrol, caleta Culebras y Huarmey; las concentraciones más bajas se localizaron en Coishco y Samanco.

A cinco metros de profundidad fluctuaron entre 6,47 μM (Samanco) y 15,17 μM (El Ferrol), el promedio anual fue 10,54 μM . La distribución presentó concentraciones menores a 10 μM en Coishco, Samanco y Los Chimus y mayores a 15 μM en El Ferrol. A 15 m de profundidad se presentaron concentraciones homogéneas de caleta Culebras a Huarmey, con valores próximos a 17 μM . En el fondo los silicatos variaron de 7,90 μM (Coishco) a 20,42 μM (Huarmey), el promedio anual fue 14,79 μM . Las concentraciones más altas se localizaron en caleta Culebras y Huarmey; en el resto del área se encontraron concentraciones menores a 18,50 μM .

Nitratos (μM)

Los nitratos promedio superficiales fluctuaron entre 2,09 μM en Samanco y 10,68 μM en Casma, el promedio anual fue 7,50 μM (Tabla 2). La distribución presentó las concentraciones más altas en Los Chimus y Casma; en tanto que, en el resto del área evaluada fueron menores a 10 μM .

A cinco metros de profundidad la concentración varió de 1,11 μM (Samanco) a 10,16 μM (Los Chimus), el promedio anual fue 7,06 μM . A 15 m de profundidad se presentaron concentraciones homogéneas menores a 7 μM desde caleta Culebras hasta Huarmey. En el fondo las concentraciones variaron de 3,87 μM (Samanco) a 9,01 μM (Los Chimus), el promedio anual fue 7,13 μM .

At a depth of five meters, the concentration varied from 1.37 μM (Samanco) to 3.36 μM (Casma); the distribution was similar to that observed at the surface, high concentrations to the north and low concentrations to the south. At a depth of 15 m, the phosphates fluctuated between 3.07 μM (Huarmey) and 3.54 μM (Culebras cove); the annual mean was 3.31 μM . The distribution increased its concentration from Huarmey to Culebras cove. At the bottom, concentrations of 1.75 μM (Samanco) to 3.69 μM (Culebras cove) were presented, the annual mean was 2.88 μM .

Silicates (μM)

At the surface, it varied from 7.20 μM in Samanco to 19.51 μM in Huarmey, the annual mean was 12.74 μM (Table 2). The distribution presented concentrations greater than 15 μM in El Ferrol, Culebras cove, and Huarmey; the lowest concentrations were located in Coishco and Samanco.

At a depth of five meters, they fluctuated between 6.47 μM (Samanco) and 15.17 μM (El Ferrol), the annual mean was 10.54 μM . The distribution presented concentrations lower than 10 μM in Coishco, Samanco, and Los Chimus and higher than 15 μM in El Ferrol. At a depth of 15 m, homogeneous concentrations, from Culebras cove to Huarmey, were presented, with values close to 17 μM . At the bottom, the silicates varied from 7.90 μM (Coishco) to 20.42 μM (Huarmey), the annual mean was 14.79 μM . The highest concentrations were located in Culebras and Huarmey coves; in the remaining area, concentrations lower than 18.50 μM were found.

Nitrates (μM)

Mean surface nitrates ranged from 2.09 μM in Samanco to 10.68 μM in Casma, with an annual mean of 7.50 μM (Table 2). The distribution presented the highest concentrations in Los Chimus and Casma, while in the remaining area they were less than 10 μM .

At a depth of five meters, the concentration ranged from 1.11 μM (Samanco) to 10.16 μM (Los Chimus), the annual mean was 7.06 μM . At a depth of 15 m, homogeneous concentrations of less than 7 μM , from Culebras cove to Huarmey, were presented. At the bottom, concentrations varied from 3.87 μM (Samanco) to 9.01 μM (Los Chimus), the annual mean was 7.13 μM .

Nitritos (μM)

En superficie el promedio varió de 0,47 μM en Samanco a 5,71 μM en Huarmey, el promedio anual fue 2,72 μM (Tabla 2). Las concentraciones más altas se encontraron en caleta Culebras y Huarmey; en el resto de las áreas fueron menores a 3 μM .

Acincometros de profundidad las concentraciones fluctuaron entre 0,73 μM (Samanco) y 2,85 μM (Tortuga), el promedio anual fue 1,88 μM . La distribución, de Tortuga a Casma, presentó concentraciones homogéneas próximas a 2,85 μM . A 15 m de profundidad la concentración varió de 5,54 μM (Huarmey) a 5,69 μM (caleta Culebras). En el fondo, las concentraciones más altas se encontraron por el extremo sur del área evaluada con valores mayores a 5 μM ; las concentraciones mayores a 3 μM se registraron de Coishco a Casma.

Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)

En superficie los sólidos suspendidos totales fluctuaron entre 10,31 mg/L (Tortuga) y 20,55 mg/L (caleta Culebras), el promedio anual fue 14,25 mg/L y en el fondo las concentraciones variaron de 7,88 mg/L (Tortuga) a 20,00 mg/L (caleta Culebras) con promedio de 14,30 mg/L (Tabla 3). La distribución presentó tanto en superficie como en fondo concentraciones menores a 21 mg/L.

Aceites y grasa (mg/L)

En superficie, el promedio de aceites y grasa fluctuó entre 0,33 mg/L en Tortuga y 0,86 mg/L en Samanco, el promedio anual fue 0,54 mg/L (Tabla 3). La distribución presentó las concentraciones mayores a 0,60 mg/L en Coishco, El Ferrol y Samanco.

Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO_5 (mg/L)

En superficie, el promedio del DBO_5 fluctuó entre 3,76 mg/L (Coishco) y 6,90 mg/L (Samanco), el promedio anual fue 5,42 mg/L (Tabla 4). La distribución presentó las concentraciones más altas en El Ferrol y Samanco; en el resto de áreas evaluadas se encontraron valores menores a 6 mg/L.

Indicadores de contaminación microbiológica por mar

En superficie, el promedio de los coliformes totales varió de menos 1,80 a 1.700 NMP/100 mL (Tabla 4). Las concentraciones más altas se localizaron en Samanco y Coishco; en el resto de áreas evaluadas se encontraron valores menores a 800 NMP/100 mL.

Nitrites (μM)

At the surface, the mean ranged from 0.47 μM in Samanco to 5.71 μM in Huarmey, with an annual mean of 2.72 μM (Table 2). The highest concentrations were found in Culebras cove and Huarmey; in the remaining areas, they were less than 3 μM .

At a depth of five meters, concentrations ranged from 0.73 μM (Samanco) to 2.85 μM (Tortuga), with an annual mean of 1.88 μM . The distribution, from Tortuga to Casma, presented homogeneous concentrations close to 2.85 μM . At a depth of 15 m, the concentration varied from 5.54 μM (Huarmey) to 5.69 μM (Culebras cove). At the bottom, the highest concentrations were found at the southern end of the assessed area with values greater than 5 μM ; concentrations greater than 3 μM were recorded from Coishco to Casma.

Total suspended solids (mg/L)

At the surface, total suspended solids fluctuated between 10.31 mg/L (Tortuga) and 20.55 mg/L (Culebras cove), the annual mean was 14.25 mg/L and at the bottom, concentrations varied from 7.88 mg/L (Tortuga) to 20.00 mg/L (Culebras cove) with a mean of 14.30 mg/L (Table 3). The distribution presented both surface and bottom concentrations lower than 21 mg/L.

Oils and fat (mg/L)

At the surface, the mean oils and fat fluctuated between 0.33 mg/L in Tortuga and 0.86 mg/L in Samanco; the annual mean was 0.54 mg/L (Table 3). The distribution presented concentrations greater than 0.60 mg/L in Coishco, El Ferrol, and Samanco.

Biochemical Oxygen Demand - BOD_5 (mg/L)

At the surface, the mean BOD_5 fluctuated between 3.76 mg/L (Coishco) and 6.90 mg/L (Samanco); the annual mean was 5.42 mg/L (Table 4). The distribution presented the highest concentrations in El Ferrol and Samanco; in the remaining assessed areas, values lower than 6 mg/L were found.

Indicators of microbial pollution by sea

At the surface, the mean of the total coliforms ranged from less than 1.80 to 1,700 NMP/100 mL (Table 4). The highest concentrations were found in Samanco and Coishco; in the remaining assessed areas, values less than 800 NMP/100 mL were found.

Tabla 3.- Parámetros de agentes contaminantes promedio. Calidad ambiental marino costero. Región Áncash, 2018

Table 3. Mean pollutant parameters. Marine and coastal environmental quality. Ancash Region, 2018

Año Lugar	Nivel s = superficie f = fondo	Sólidos	Aceites
		Suspendidos Totales (mg/L)	y Grasa (mg/L)
2018			
Coishco	s	18,19	0,73
	f	18,56	...
El Ferrol	s	14,40	0,64
	f	13,00	...
Samanco	s	12,55	0,86
	f	12,95	...
Los Chimus	s	14,38	0,50
	f	15,06	...
Tortuga	s	10,31	0,33
	f	7,88	...
Casma	s	12,63	0,42
	f	10,94	...
Caleta Culebras	s	20,55	0,40
	f	20,00	...
Huarmey	s	11,10	0,41
	f	16,75	...
Promedio	s	14,25	0,54
	f	14,30	...

Tabla 4.- Parámetros de agentes microbianos superficiales promedio. Región Áncash 2018

Table 4. Mean microbial agent parameters. Marine and coastal environmental quality. Ancash Region, 2018

Año Lugar	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100 mL)		Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
2018					
Coishco	3,76	< 1,80	1600,00	< 1,80	33,00
El Ferrol	6,75	< 1,80	130,00	< 1,80	33,00
Samanco	6,90	< 1,80	1700,00	< 1,80	< 1,80
Los Chimus	5,90	23,00	700,00	< 1,80	49,00
Tortuga	5,64	< 1,80	79,00	< 1,80	33,00
Casma	4,99	< 1,80	49,00	< 1,80	33,00
Caleta Culebras	4,94	< 1,80	700,00	< 1,80	49,00
Huarmey	4,44	< 1,80	49,00	< 1,80	33,00
Promedio	5,42	...	...	...	...

El promedio de los coliformes termotolerantes, en superficie, fluctuó entre menos 1,80 y 49 NMP/100 mL (Tabla 4). La concentración más baja se registró en Samanco, en el resto de áreas fueron mayor a 30 NMP/100 mL.

Identificación y características de la comunidad fitoplanctónica

Respecto al fitoplancton se encontraron especies indicadores de aguas costeras frías (ACF) como *Protopepidinium obtusum* y de aguas oceánicas (AO) como *Planktoniella sol*, *Proboscia alata*, *Rhizosolenia robusta* y *Protopepidinium oceanicum*, pero también estuvo representado por diatomeas típicas de afloramiento, de fases iniciales a intermedias, destacando *Chaetoceros affinis*, *Ch. compressus*, *Ch. debilis*, *Ch. didymus*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. socialis*, *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus perforatus*, *C. centralis*, *C. granii*, siendo *C. perforatus* la especie que alcanzó abundancia relativa de ABUNDANTE y se registró en todas las bahías en estudio.

En cuanto a los dinoflagelados potencialmente tóxicos se reportó a *Dinophysis acuminata*, *D. caudata* y *D. tripos* en toda el área evaluada y *Prorocentrum cordatum* se identificó en El Ferrol, Samanco, Tortuga y Casma.

The mean of the surface thermotolerant coliforms fluctuated between minus 1.80 and 49 NMP/100 mL (Table 4). The lowest concentration was recorded in Samanco, in the remaining assessed areas, they were greater than 30 NMP/100 mL.

Identification and characteristics of the phytoplankton community

Regarding phytoplankton, indicator species of cold coastal waters (CCW) such as *Protopepidinium obtusum* and oceanic waters (OW) such as *Planktoniella sol*, *Proboscia alata*, *Rhizosolenia robusta*, and *Protopepidinium oceanicum* were found, but it was also represented by typical upwelling diatoms, from initial- to intermediate-stages, with the predominance of *Chaetoceros affinis*, *Ch. compressus*, *Ch. debilis*, *Ch. didymus*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. socialis*, *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus perforatus*, *C. centralis*, *C. granii*, although *C. perforatus* was the species that reached relative abundance of ABUNDANT and was recorded in all the bays under study.

Regarding potentially toxic dinoflagellates, *Dinophysis acuminata*, *D. caudata*, and *D. tripos* were reported throughout the assessed area and *Prorocentrum cordatum* was identified in El Ferrol, Samanco, Tortuga, and Casma.

At the surface level, the phytoplankton volume varied from 0.15 mL/m³ in Huarmey to 1.06 mL/m³ in Los Chimus, with an annual mean of 0.53 mL/m³

A nivel superficial el volumen de fitoplancton varió de 0,15 mL/m³ en Huarmey a 1,06 mL/m³ en Los Chimus, promedio anual de 0,53 mL/m³ (Tabla 5). La distribución fitoplanctónica presentó los valores más altos en Coishco y Los Chimus; en el resto de áreas evaluadas fueron menores a 0,80 mL/m³.

Sulfuro de hidrógeno (mg/L)

En fondo las concentraciones de los sulfuros de hidrógeno oscilaron entre <0,0100 y 0,0186 mg/L (Tabla 6). La concentración más alta se localizó en El Ferrol; en el resto de las áreas evaluadas se encontraron valores menores a 0,0100 mg/L.

Materia Orgánica Total (%)

En el sedimento marino la materia orgánica total (MOT) presentó concentraciones de 1,91% en Casma a 9,80% en El Ferrol, el promedio anual fue 4,97% (Tabla 6). Las concentraciones más altas se determinaron en Coishco y El Ferrol y, la más baja en Casma.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS POR PLAYAS

Temperatura.- Varió de 17,4 °C en caleta Culebras a 21,4 °C en Samanco, el promedio anual fue 19,4 °C (Tabla 7). Los registros térmicos más altos se presentaron en El Ferrol, Samanco, Tortuga y Guaynumá; en el resto de áreas evaluadas fueron menores a 20 °C.

Salinidad.- Las concentraciones fueron de 25,199 ups en Coishco a 35,036 ups en Tortuga, promedio anual de 33,938 ups (Tabla 7). Las concentraciones menores a 34,800 ups se localizaron en Coishco, Puerto Santa y El Ferrol; en el resto del área evaluada estuvieron próximos a 35,000 ups.

Tabla 5.- Volumen promedio de fitoplancton superficial. Región Áncash, 2018

Table 5. Mean volume of surface phytoplankton. Ancash Region, 2018

Lugar	Volumen plancton marino (mL/m ³)
Coishco	1,05
El Ferrol	0,53
Samanco	0,68
Los Chimus	1,06
Tortuga	0,38
Casma	0,14
Caleta Culebras	0,22
Huarmey	0,15
Promedio	0,53

(Table 5). The phytoplankton distribution presented the highest values in Coishco and Los Chimus; in the remaining assessed areas, they were less than 0.800 mL/m³.

Hydrogen sulfide (mg/L)

At the bottom, hydrogen sulfide concentrations ranged from <0.0100 to 0.0186 mg/L (Table 6). The highest concentration was located in El Ferrol; in the remaining assessed areas, values lower than 0.0100 mg/L were found.

Total Organic Matter (%)

In the marine sediment, the total organic matter (TOM) presented concentrations from 1.91% in Casma to 9.80% in El Ferrol, the annual mean was 4.97% (Table 6). The highest concentrations were determined in Coishco and El Ferrol and the lowest in Casma.

PHYSICAL-CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS BY BEACHES

Temperature.- It ranged from 17.4 °C in Culebras cove to 21.4 °C in Samanco, with an annual mean of 19.4 °C (Table 7). The highest thermal records were found in El Ferrol, Samanco, Tortuga, and Guaynumá; in the remaining assessed areas, they were less than 20 °C.

Salinity.- Concentrations ranged from 25.199 ups in Coishco to 35.036 ups in Tortuga, with an annual mean of 33.938 ups (Table 7). Concentrations less than 34.800 ups were located in Coishco, Puerto Santa, and El Ferrol; in the remaining assessed area, they were close to 35.000 ups.

Tabla 6.- Promedios de sulfuro de hidrógeno y materia orgánica total en fondo. Región Áncash, 2018

Table 6. Mean hydrogen sulfide and total organic matter at the bottom. Ancash Region, 2018

Lugar	Sulfuro de hidrógeno en agua de mar (mg/L)		Materia orgánica total en sedimento (%)
	Mínimo	Máximo	
Coishco	<0,0100	0,0065	6,30
El Ferrol	<0,0100	0,0186	9,80
Samanco	<0,0100	0,0053	4,83
Los Chimus	<0,0100	<0,0100	4,12
Tortuga	<0,0100	0,0054	4,59
Casma	<0,0100	0,0079	1,91
Caleta Culebras	<0,0100	0,0071	4,44
Huarmey	<0,0100	0,0068	3,76
Promedio anual	<0,0100	0,0186	4,97

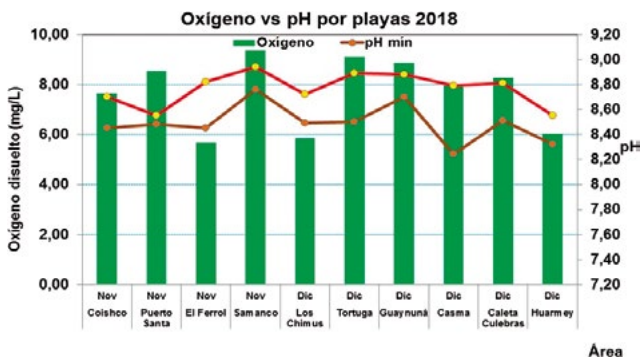


Figura 6.- Variación de oxígeno (mg/L) promedio vs pH por playas. Región Áncash, 2018

Figure 6. Mean oxygen variation (mg/L) vs pH by beaches. Ancash Region, 2018

Se observó por el borde costero central de Coishco y El Ferrol aguas mixohalinas como producto de mezcla de aguas marinas con aguas continentales y antrópicas, disminuyendo la salinidad; en Samanco, Tortuga y Guaynumá se produjo el proceso de evaporación, lo que indujo a incrementar la concentración halina.

Oxígeno disuelto.- La concentración fluctuó entre 5,68 mg/L (El Ferrol) y 9,35 mg/L (Samanco), el promedio anual fue 7,73 mg/L (Tabla 8). La distribución de oxígeno presentó las concentraciones más altas en Samanco y Tortuga; en el resto de áreas fueron menores a 8 mg/L (Fig. 6).

Potencial de iones de Hidronio, pH.- Por la línea costera se presentaron concentraciones de 8,24 unidades en Casma a 8,94 unidades en Samanco (Tabla 8). La distribución presentó las concentraciones más altas en Samanco, Tortuga y Guaynumá y las más bajas en Coishco, Puerto Santa, El Ferrol y Casma. Se observó que las concentraciones de pH son impactadas por los vertidos de aguas domésticas e industriales y descargas continentales de ríos. El pH presentó una relación directa con el oxígeno disuelto (Fig. 6).

Fosfatos.- Las concentraciones variaron de 1,27 µM (Samanco) a 5,04 µM (Puerto Santa), el promedio anual fue 3,37 µM (Tabla 8). La distribución presentó las concentraciones más altas en Coishco, Puerto Santa y El Ferrol; en el resto de áreas evaluadas se encontraron valores menores a 4 µM.

Silicatos.- Se presentaron concentraciones de 2,39 µM en Samanco y 42,08 µM en Coishco, el promedio anual fue 11,42 µM (Tabla 8). La

Tabla 7.- Parámetros físicos promedio superficial en playas. Región Ancash, 2018

Table 7. Mean physical parameters by beaches. Ancash Region, 2018

Lugar	Mes	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)
Coishco	Noviembre	19,3	25,199
Puerto Santa	Noviembre	18,6	34,629
El Ferrol	Noviembre	20,4	34,583
Samanco	Noviembre	21,4	34,982
Los Chimus	Diciembre	18,7	34,989
Tortuga	Diciembre	20,8	35,036
Guaynumá	Diciembre	20,1	35,013
Casma	Diciembre	17,8	34,989
Caleta Culebras	Diciembre	17,4	34,972
Huarmey	Diciembre	19,1	34,985
Promedio		19,4	33,938

Mixohaline waters were observed along the central coastal edge of Coishco and El Ferrol as a product of the mixture of marine waters with continental and anthropogenic waters, resulting in a decrease in salinity; in Samanco, Tortuga, and Guaynumá, the evaporation process took place, which led to an increase in the haline concentration.

Dissolved oxygen.- The concentration fluctuated between 5.68 mg/L (El Ferrol) and 9.35 mg/L (Samanco); the annual mean was 7.73 mg/L (Table 8). Oxygen distribution had the highest concentrations in Samanco and Tortuga; in the remaining areas, they were less than 8 mg/L (Fig. 6).

Potential Hydronium Ions, pH.- Along the coastline, there were concentrations ranging from 8.24 units in Casma to 8.94 units in Samanco (Table 8). The distribution presented the highest concentrations in Samanco, Tortuga, and Guaynumá and the lowest in Coishco, Puerto Santa, El Ferrol, and Casma. pH concentrations are impacted by domestic and industrial water discharges and continental river discharges. The pH presented a direct ratio with dissolved oxygen (Fig. 6).

Phosphates.- Concentrations ranged from 1.27 µM (Samanco) to 5.04 µM (Puerto Santa), the annual mean was 3.37 µM (Table 8). The distribution presented the highest concentrations in Coishco, Puerto Santa, and El Ferrol; in the remaining assessed areas, values less than 4 µM were found.

Silicates.- There were concentrations of 2.39 µM in Samanco and 42.08 µM in Coishco, the annual mean was 11.42 µM (Table 8). The

Tabla 8.- Parámetros químicos superficiales promedio en playas. Región Áncash, 2018

Table 8. Mean chemical parameters by beaches. Ancash Region, 2018

Lugar	Mes	pH		Oxígeno (mg/L)	Fosfatos (μ M)	Silicatos (μ M)	Nitratos (μ M)	Nitritos (μ M)
		mín	máx					
Coishco	Noviembre	8,45	8,70	7,64	4,51	42,08	43,40	2,63
Puerto Santa	Noviembre	8,48	8,55	8,54	5,04	10,15	15,23	2,40
El Ferrol	Noviembre	8,45	8,82	5,68	4,74	10,71	5,80	1,89
Samanco	Noviembre	8,76	8,94	9,35	1,26	2,39	1,56	0,34
Los Chimus	Diciembre	8,49	8,72	5,85	2,90	9,26	13,14	2,95
Tortuga	Diciembre	8,50	8,89	9,11	3,17	7,65	10,64	2,09
Guaynuná	Diciembre	8,70	8,88	8,85	2,60	8,63	13,09	2,20
Casma	Diciembre	8,24	8,79	7,96	2,56	6,56	11,49	2,72
Caleta Culebras	Diciembre	8,51	8,81	8,26	3,69	9,49	14,45	3,84
Huarmey	Diciembre	8,32	8,55	6,02	3,26	7,31	13,41	3,56
Promedio	...	...	...	7,73	3,37	11,42	14,22	2,46

concentración más alta se registró en Coishco; en el resto del área evaluada se encontraron concentraciones menores a 11 μ M.

Nitratos.- Las concentraciones fluctuaron entre 1,56 μ M (Samanco) y 43,40 μ M (Coishco), el promedio anual fue 14,22 μ M (Tabla 8). La concentración más alta estuvo en Coishco; en el resto del área evaluada se encontraron concentraciones menores a 20 μ M.

Nitritos.- Las concentraciones variaron de 0,34 μ M en Samanco a 3,84 μ M en caleta Culebras, el promedio anual fue 2,46 μ M (Tabla 8). La distribución presentó los valores más altos al sur de la Región; desde la zona central hasta la parte norte de la Región se encontraron concentraciones menores a 3 μ M.

Sólidos suspendidos totales.- Las concentraciones fluctuaron entre 10,50 mg/L (Guaynuná) y 51,83 mg/L (Coishco), el promedio anual fue 25,84 mg/L (Tabla 9). La distribución presentó las concentraciones más altas desde Coishco hasta El Ferrol; en el resto de áreas evaluadas fueron menores a 30 mg/L.

Aceites y grasa.- Presentaron concentraciones de 0,37 mg/L (Coishco) a 1,01 mg/L (El Ferrol), el promedio anual fue 0,53 mg/L (Tabla 9). Las concentraciones más altas se registraron en Puerto Santa y El Ferrol; en el resto de áreas evaluadas fueron menores a 0,60 mg/L.

Demanda bioquímica de oxígeno.- Las concentraciones fluctuaron entre 5,26 mg/L

Tabla 9.- Parámetros de agentes contaminantes superficiales promedio en playas. Región Áncash, 2018

Table 9. Mean surface pollutant parameters by beaches. Ancash Region, 2018

Lugar	Mes	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Aceites y grasa (mg/L)
Coishco	Noviembre	51,83	0,37
Puerto Santa	Noviembre	32,75	0,75
El Ferrol	Noviembre	30,50	1,01
Samanco	Noviembre	24,69	0,48
Los Chimus	Diciembre	15,30	0,46
Tortuga	Diciembre	26,40	0,40
Guaynuná	Diciembre	10,50	0,55
Casma	Diciembre	21,00	0,46
Caleta Culebras	Diciembre	18,00	0,42
Huarmey	Diciembre	27,38	0,43
Promedio		25,84	0,53

highest concentration was recorded in Coishco; concentrations below 11 μ M were found in the remaining assessed area.

Nitrates.- Concentrations ranged from 1.56 μ M (Samanco) to 43.40 μ M (Coishco), with an annual mean of 14.22 μ M (Table 8). The highest concentration was in Coishco; concentrations below 20 μ M were found in the remaining assessed area.

Nitrites.- Concentrations ranged from 0.34 μ M in Samanco to 3.84 μ M in Culebras cove, with an annual mean of 2.46 μ M (Table 8). The distribution had the highest values south of the Region; from the central zone to the northern part of the Region, concentrations of less than 3 μ M were found.

(Puerto Santa) y 7,04 mg/L (Tortuga), el promedio anual fue 6,31 mg/L (Tabla 10). Las concentraciones predominantes próximas a 6 mg/L se encontraron en toda el área evaluada; las más altas se localizaron en Coishco, El Ferrol, Samanco, Tortuga y Huarmey.

Indicadores de contaminación microbiana.-

Los coliformes totales variaron de menos de 1,80 a 170.000 NMP/100 mL (Tabla 10). Las concentraciones más altas se determinaron en Coishco y El Ferrol; en el resto del área evaluada se encontraron concentraciones menores a 1.000 NMP/100 mL.

Coliformes termotolerantes.-

Las concentraciones variaron de menos de 1,80 a 49.000 NMP/100 mL (Tabla 10). Las concentraciones más altas se registraron en Coishco y El Ferrol; en el resto de áreas evaluadas las concentraciones fueron menores a 400 NMP/100 mL.

Sulfuros de hidrógeno.-

En fondo variaron con valores menores a 0,0100 hasta 0,4824 mg/L (Tabla 11). La concentración más alta se encontró en El Ferrol.

Materia orgánica total.-

En la superficie del sedimento presentó concentraciones de 0,76% (Coishco) a 1,73% (Guaynumá), el promedio anual fue 1,13% (Tabla 11). Las concentraciones más altas se localizaron en Samanco y Guaynumá; en el resto de áreas evaluadas se encontraron concentraciones menores a 1,50%, la textura del sedimento fue de arena fina y sin olor a sulfuros.

Total suspended solids.- Concentrations ranged from 10.50 mg/L (Guaynumá) to 51.83 mg/L (Coishco), with an annual mean of 25.84 mg/L (Table 9). The distribution presented the highest concentrations from Coishco to El Ferrol; in the remaining assessed areas, they were less than 30 mg/L.

Oils and fat.- They presented concentrations ranging from 0.37 mg/L (Coishco) to 1.01 mg/L (El Ferrol), with an annual mean of 0.53 mg/L (Table 9). The highest concentrations were recorded in Puerto Santa and El Ferrol; in the remaining assessed areas, they were less than 0.60 mg/L.

Biochemical oxygen demand.- Concentrations ranged from 5.26 mg/L (Puerto Santa) to 7.04 mg/L (Tortuga), with an annual mean of 6.31 mg/L (Table 10). Predominant concentrations close to 6 mg/L were found throughout the assessed area; the highest ones were located in Coishco, El Ferrol, Samanco, Tortuga, and Huarmey.

Indicators of microbial pollution.- Total coliforms ranged from less than 1.80 to 170,000 NMP/100 mL (Table 10). The highest concentrations were determined in Coishco and El Ferrol; in the remaining assessed area, concentrations less than 1,000 NMP/100 mL were found.

Thermotolerant coliforms.- Concentrations ranged from less than 1.80 to 49,000 NMP/100 mL (Table 10). The highest concentrations were recorded in Coishco and El Ferrol; in the remaining assessed areas, concentrations were less than 400 NMP/100 mL.

Hydrogen sulfides.- At the bottom, they ranged from 0.0100 to 0.4824 mg/L (Table 11). The highest concentration was found in El Ferrol.

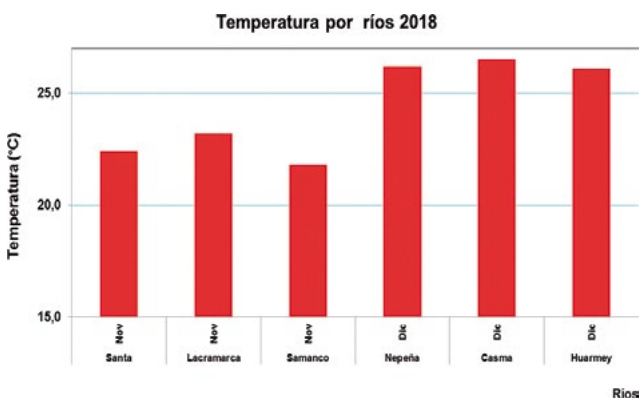


Figura 7.- Variación de temperatura (°C) promedio por ríos. Región Áncash, 2018

Figure 7. Mean temperature variation (°C) by rivers. Ancash Region, 2018

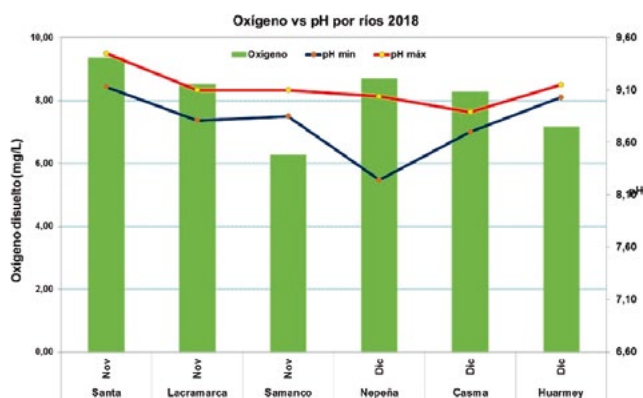


Figura 8.- Variación de oxígeno (mg/L) promedio vs pH por ríos. Región Áncash, 2018

Figure 8. Mean oxygen variation (mg/L) vs pH by rivers. Ancash Region, 2018

Tabla 10.- Parámetros de agentes microbianos promedio superficial en playas. Región Áncash, 2018

Table 10. Mean surface microbial agent parameters by beaches. Ancash Region, 2018

Lugar	Mes	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100 mL)		Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Coishco	Noviembre	6,68	<1,80	170000,00	<1,80	2400,00
Puerto Santa	Noviembre	5,26	<1,80	79,00	<1,80	49,00
El Ferrol	Noviembre	6,80	<1,80	70000,00	<1,80	49000,00
Samanco	Noviembre	6,95	<1,80	33,00	<1,80	33,00
Los Chimus	Diciembre	6,32	<1,80	<1,80	<1,80	<1,80
Tortuga	Diciembre	7,04	<1,80	33,00	<1,80	<1,80
Guaynumá	Diciembre	6,24	<1,80	<1,80	<1,80	<1,80
Casma	Diciembre	5,72	<1,80	130,00	<1,80	<1,80
Caleta Culebras	Diciembre	5,51	<1,80	920,00	<1,80	350,00
Huarmey	Diciembre	6,60	<1,80	33,00	<1,80	33,00
Promedio		6,31	...	...	...	...

Tabla 11.-Parámetros de sulfuro de hidrógeno y material orgánica total superficial en playas. Región Áncash, 2018

Table 11. Mean hydrogen sulfide and surface total organic matter parameters by beaches. Ancash Region, 2018

		Sulfuro de hidrógeno en agua de mar (mg/L)		Materia orgánica total en sedimento (%)
		Mínimo	Máximo	
Coishco	Noviembre	0,0069	0,0237	0,76
Puerto Santa	Noviembre	<0,0100	<0,0100	1,36
El Ferrol	Noviembre	0,0050	0,4824	0,94
Samanco	Noviembre	<0,0100	0,0108	1,67
Los Chimus	Diciembre	<0,0100	0,0211	1,19
Tortuga	Diciembre	<0,0100	0,0143	0,89
Guaynumá	Diciembre	<0,0100	0,0093	1,73
Casma	Diciembre	<0,0100	0,0051	1,07
Caleta Culebras	Diciembre	<0,0100	0,0065	0,77
Huarmey	Diciembre	<0,0100	0,0061	0,89
Promedio				1,13

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS POR RÍOS

Temperatura.- Por la cuenca baja de los ríos se registró el promedio de 21,8 °C en Samanco y 26,5 °C en Casma, el promedio anual fue 24,4 °C. La distribución térmica presentó los valores más bajos desde Santa hasta Samanco; en el resto del área evaluada fueron mayores a 25 °C (Fig. 7).

Oxígeno disuelto.- Las concentraciones fluctuaron entre 6,27 mg/L (Samanco) y 9,37 mg/L (Santa), el promedio anual fue 8,05 mg/L. Mayores concentraciones se encontraron en los ríos Santa, Lacramarca, Nepeña y Casma; en el resto del área evaluada fueron menores a 8 mg/L (Fig. 8).

Potencial de iones de Hidronio, pH.- Presentó concentraciones de 8,24 unidades en Nepeña a 9,45 unidades en Santa. Las concentraciones más bajas se localizaron desde el río Lacramarca hasta Casma; las más altas en los ríos Santa y Huarmey (Fig. 8).

Fosfatos.- Presentaron concentraciones de 0,95 µM (Nepeña) a 2,73 µM (Lacramarca), el promedio anual fue 1,89 µM. La distribución presentó las concentraciones más bajas en los ríos Nepeña y Casma; en el resto de áreas se encontraron concentraciones mayores a 2 µM (Fig. 9).

Silicatos.- Las concentraciones en las cuencas de los ríos fluctuaron entre 44,63 µM (Santa) y 89,76 µM (Samanco), el promedio anual fue 66,87 µM. La concentración más alta se localizó en Samanco; mientras que, en el resto de áreas evaluadas fueron menores a 80 µM (Fig. 10).

Total organic matter.- On the surface of the sediment, it presented concentrations from 0.76% (Coishco) to 1.73% (Guaynumá), the annual mean was 1.13% (Table 11). The highest concentrations were located in Samanco and Guaynumá; in the remaining assessed areas, concentrations lower than 1.50% were found; the sediment texture was fine sand and had no sulfur odor.

PHYSICAL-CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS BY RIVERS

Temperature.- For the lower basin of the rivers, the mean temperature was 21.8 °C in Samanco and 26.5 °C in Casma; the annual mean was 24.4 °C. The thermal distribution presented the lowest values from Santa to Samanco; in the remaining assessed area, they were greater than 25 °C (Fig. 7).

Dissolved oxygen.- Concentrations ranged from 6.27 mg/L (Samanco) to 9.37 mg/L (Santa), with an annual mean of 8.05 mg/L. Higher concentrations were found in the Santa, Lacramarca, Nepeña, and Casma Rivers; in the remaining assessed area, they were less than 8 mg/L (Fig. 8).

Potential Hydronium Ions, pH.- The concentrations ranging from 8.24 units in Nepeña to 9.45 units in Santa. The lowest concentrations were located from the Lacramarca River to Casma; the highest in the Santa and Huarmey Rivers (Fig. 8).

Phosphates.- The concentrations ranging from 0.95 µM (Nepeña) to 2.73 µM (Lacramarca), the annual mean was 1.89 µM. The distribution presented the lowest concentrations in the Nepeña and Casma Rivers; in the remaining areas, concentrations greater than 2 µM were found (Fig. 9).

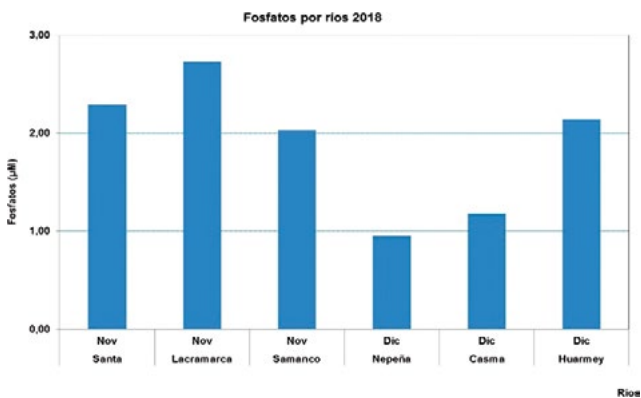


Figura 9.- Variación de fosfatos (µM) promedio por ríos. Región Áncash, 2018

Figure 9. Mean phosphate variation (µM) by rivers. Ancash Region, 2018

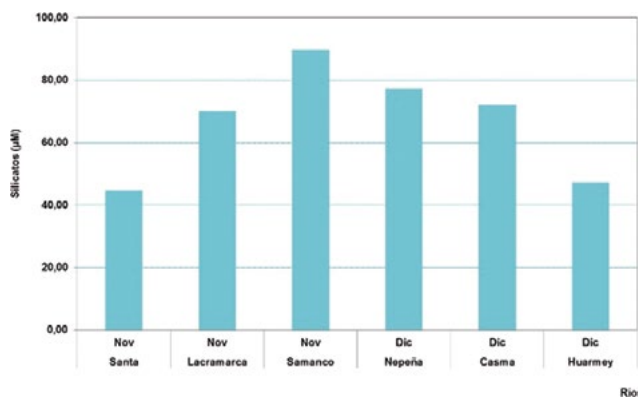


Figura 10.- Variación de silicatos (µM) promedio por ríos. Región Áncash, 2018

Figure 10. Mean silicate variation (µM) by rivers. Ancash Region, 2018

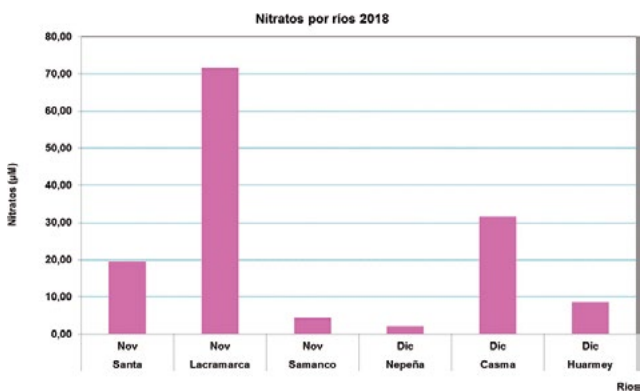


Figura 11.- Variación de nitratos (µM) por ríos. Región Áncash, 2018

Figure 11. Nitrates variation (µM) by rivers. Ancash Region, 2018

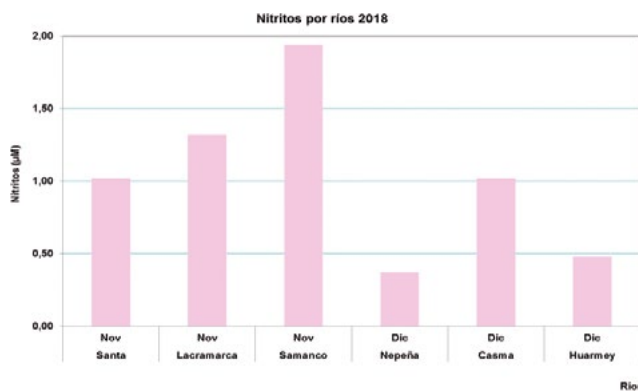


Figura 12.- Variación de nitritos (µM) promedio por ríos. Región Áncash, 2018

Figure 12. Mean nitrite variation (µM) by rivers. Ancash Region, 2018

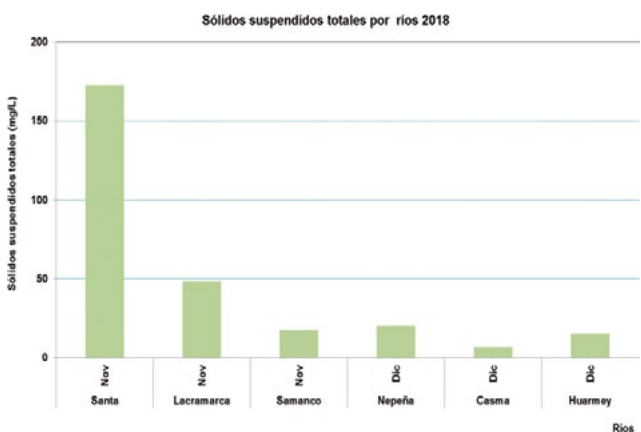


Figura 13.- Variación de sólidos suspendidos totales (mg/L) promedio por ríos. Región Áncash, 2018

Figure 13. Mean total suspended solids variation (mg/L) by rivers. Ancash Region, 2018

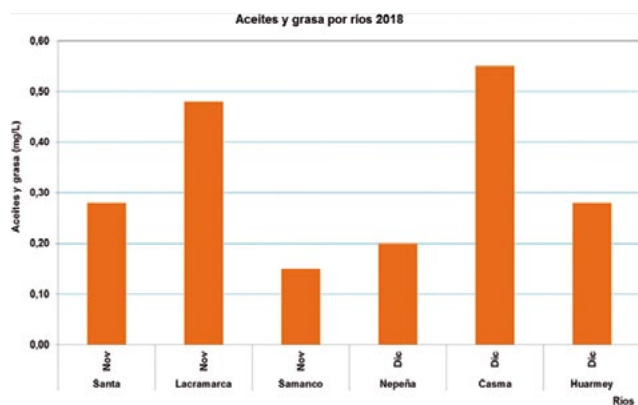


Figura 14.- Variación de aceites y grasa (mg/L) promedio por ríos. Región Áncash, 2018

Figure 14. Mean oils and fat (mg/L) variation by rivers. Ancash Region, 2018

Nitratos.- Las concentraciones variaron de 2,09 μM (Nepeña) a 71,57 μM (Lacramarca), el promedio anual fue 22,97 μM . En las áreas evaluadas predominaron las concentraciones menores a 35 μM (Fig. 11).

Nitritos.- Las concentraciones fluctuaron entre 0,37 μM (Nepeña) y 1,94 μM (Samanco), el promedio anual fue 1,03 μM . Las concentraciones más bajas se encontraron en Nepeña y Huarney; en el resto del área evaluada fueron mayores a 1 μM (Fig. 12).

Sólidos suspendidos totales.- Presentaron concentraciones de 6,75 mg/L (Casma) a 172,70 mg/L (Santa), el promedio anual fue 46,91 mg/L. Predominaron concentraciones menores a 100 mg/L (Fig. 13).

Aceites y grasa.- Estas concentraciones fluctuaron entre 0,15 mg/L (Samanco) y 0,55 mg/L (Casma), el promedio anual fue 0,32 mg/L. La distribución presentó las concentraciones más altas en Lacramarca y Casma; en el resto de áreas evaluadas fueron menores a 0,35 mg/L (Fig. 14).

Demanda bioquímica de oxígeno.- Las concentraciones variaron de 3,79 mg/L (Casma) a 9,17 mg/L (Samanco), el promedio anual fue 5,84 mg/L. En algunas estaciones de Samanco y Huarney se registraron concentraciones mayores a 10 mg/L. Las concentraciones más altas se localizaron en Samanco y Huarney; en el resto de áreas evaluadas se encontraron menores a 6 mg/L (Fig. 15).

Silicates.- Concentrations in river basins ranged from 44.63 μM (Santa) to 89.76 μM (Samanco), with an annual mean of 66.87 μM . The highest concentration was located in Samanco; while in the remaining assessed areas, they were less than 80 μM (Fig. 10).

Nitrates.- Concentrations ranged from 2.09 μM (Nepeña) to 71.57 μM (Lacramarca), the annual mean was 22.97 μM . In the assessed areas, concentrations lower than 35 μM predominated (Fig. 11).

Nitrites.- Concentrations ranged from 0.37 μM (Nepeña) to 1.94 μM (Samanco), with an annual mean of 1.03 μM . The lowest concentrations were found in Nepeña and Huarney; in the remaining assessed area, they were greater than 1 μM (Fig. 12).

Total suspended solids.- They presented concentrations ranging from 6.75 mg/L (Casma) to 172.70 mg/L (Santa), with an annual mean of 46.91 mg/L. Concentrations below 100 mg/L predominated (Fig. 13).

Oils and fat.- These concentrations ranged from 0.15 mg/L (Samanco) to 0.55 mg/L (Casma), with an annual mean of 0.32 mg/L. The distribution presented the highest concentrations in Lacramarca and Casma; in the remaining assessed areas, they were less than 0.35 mg/L (Fig. 14).

Biochemical oxygen demand.- Concentrations ranged from 3.79 mg/L (Casma) to 9.17 mg/L (Samanco), with an annual mean of 5.84 mg/L. In some stations of Samanco and Huarney, concentrations higher than 10 mg/L were recorded. The highest concentrations were found in Samanco and Huarney; in the remaining assessed areas, they were less than 6 mg/L (Fig. 15).

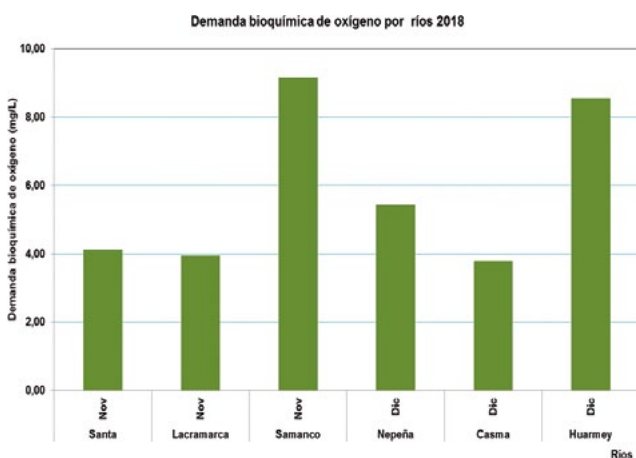


Figura 15.- Variación de la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) promedio por ríos. Región Áncash, 2018

Figure 15. Mean biochemical oxygen demand (mg/L) variation by rivers. Ancash Region, 2018

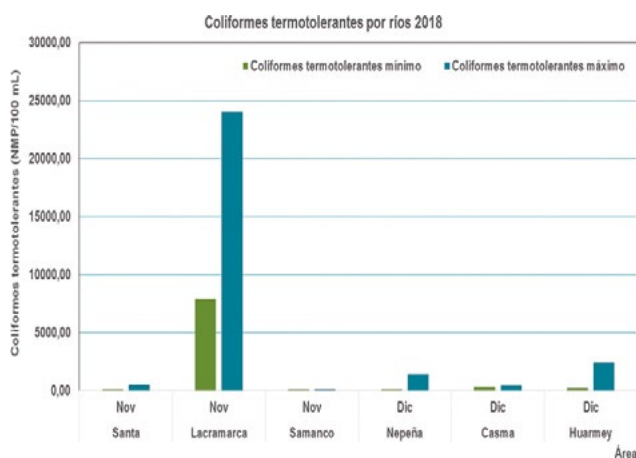


Figura 16.- Variación de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) por ríos. Región Áncash, 2018

Figure 16. Thermotolerant coliforms variation (NMP/100 mL) by rivers. Ancash Region, 2018

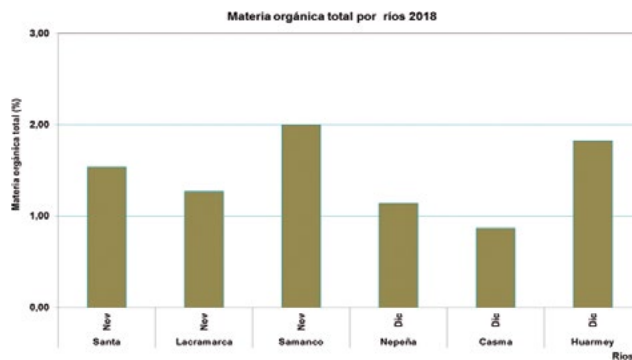


Figura 17.- Variación de materia orgánica total (%) promedio por ríos. Región Áncash, 2018

Figure 17. Mean total organic matter variation (%) by rivers. Ancash Region, 2018

Coliformes termotolerantes.-Las concentraciones variaron de 23 NMP/100 mL en Santa y Nepeña a 24.000 NMP/100 mL (Lacramarca). La distribución presentó concentraciones menores a 10.000 NMP/100 mL en la mayor parte de los ríos evaluados (Fig. 16).

Thermotolerant coliforms.- Concentrations ranged from 23 NMP/100 mL in Santa and Nepeña to 24,000 NMP/100 mL (Lacramarca). The distribution presented concentrations lower than 10,000 NMP/100 mL in most of the assessed rivers (Fig. 16).

Materia orgánica total.- En sedimento de río se presentaron concentraciones de 0,87% (Casma) a 2,00% (Samanco), el promedio anual fue 1,44%. La distribución presentó las concentraciones más altas en Samanco y Huarmey; en la mayor parte de los ríos evaluados se encontraron menores a 1,60%, algunas de ellas presentaron características organolépticas con textura de arena fina con fango y sin olor a sulfuros (Fig. 17).

Total organic matter.- In river sediment, concentrations ranging from 0.87% (Casma) to 2.00% (Samanco) were presented; the annual mean was 1.44%. The distribution presented the highest concentrations in Samanco and Huarmey; in most of the assessed rivers, they were less than 1.60%, some of them presented organoleptic characteristics with fine sand and mud texture and no sulfur odor (Fig. 17).

4. DISCUSIÓN

4. DISCUSSION

En el ecosistema marino-costero de la Región Áncash, en noviembre-diciembre 2018 las condiciones ambientales tuvieron un comportamiento de moderado a cálido, con registros térmicos altos en la bahía de Samanco y, variaciones locales propias de bahías semicerradas. Se registraron anomalías de 0,6 °C comparando con noviembre 2016 y 1,0 °C con diciembre 2017 (GARCÍA *et al.*, 2016, 2017). Los desplazamientos de las masas de agua presentaron velocidad y dirección variable pero con características locales propias en las bahías El Ferrol, Samanco y Tortuga, que por ser semicerradas no permiten una adecuada depuración y recambio de sus masas de agua. En las bahías Coishco, Los Chimus, Casma, Huarmey y caleta Culebras la circulación marina fue con dirección sur.

In November-December 2018, the environmental conditions in the coastal-marine ecosystem of the Áncash Region were moderate to warm, with high thermal records in Samanco Bay and local variations of semi-enclosed bays. There were anomalies of 0.6 °C as compared to November 2016 and 1.0 °C as compared to December 2017 (GARCÍA *et al.*, 2016, 2017). The movements of the water masses presented variable speed and direction but with their own local characteristics in the El Ferrol, Samanco, and Tortuga Bays since they are semi-enclosed and do not allow adequate purification and replacement of their water masses. In the Coishco, Los Chimus, Casma, Huarmey, and Culebras Bays, the marine circulation was southbound.

Los cambios observados en los campos termohalinos se explican considerando la intrusión de masas de aguas continentales (MORAGA *et al.*, 2001)

The changes observed in the thermo-haline fields are explained by considering the intrusion of

de los ríos Santa, Lacramarca, Samanco, Nepeña, Casma y Huarmey; así como, por el vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales, que en muchos de los casos no han tenido tratamiento primario, por que presentan la misma condición a los años 2012 y 2013 (GARCÍA *et al.*, 2012, 2013).

Los nutrientes presentaron algunas concentraciones que superaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático, Ecosistemas marino costeros: Marinos) (MINAM, 2017). Los valores ligeramente altos se deben, probablemente, al continuo vertimiento de efluentes domésticos, industriales y algunas fábricas pesqueras no asociadas al emisor submarino. Los altos valores de nutrientes traen como consecuencia el proceso de la eutrofización (HERNÁNDEZ *et al.*, 2011) y favorece el crecimiento masivo de algas, ocasionando *blooms* algales lo cual genera problemas ambientales, entre otros.

Los agentes contaminantes de sólidos suspendidos totales presentaron concentraciones que no superaron (60 mg/L) lo establecido por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, (ECA), categoría 2 (Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, subcategoría C2. Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras) (MINAM, 2017); respecto a los aceites y grasa durante la evaluación se determinaron concentraciones que presentaron valores puntuales mayores a 1 mg/L en algunas estaciones de las bahías de Coishco, El Ferrol y Samanco que sobrepasaron (1,00 mg/L) la normatividad vigente por los ECAs; los sulfuros de hidrógeno encontrados se presentaron menores a los ECA.

Durante la evaluación las concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno no superaron lo permitido por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 2 (Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, subcategoría C2. Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras) (MINAM, 2017), mientras que en el periodo del 2011 al 2013 presentaron concentraciones puntuales que sobrepasaron los ECAs.

Los indicadores de contaminación microbiológica respecto a coliformes totales presentaron las

inland water masses (MORAGA *et al.*, 2001) of the Santa, Lacramarca, Samanco, Nepeña, Casma, and Huarmey Rivers; as well as by the dumping of domestic and industrial wastewater, which in many cases have not had primary treatment, because they present the same condition in 2012 and 2013 (GARCÍA *et al.*, 2012, 2013).

According to the National Environmental Quality Standards for Water, category 4 (Conservation of the aquatic environment, Coastal marine ecosystems: Marine) (MINAM, 2017), nutrients surpassed, in a slightly way, the values established by such regulation. This is probably due to the continuous dumping of effluents from domestic, industrial, and some fishing factories origin not associated with the submarine emitter. The high values of nutrients lead to the process of eutrophication (HERNÁNDEZ *et al.*, 2011) and favor the massive growth of algae, causing harmful algal blooms generating environmental problems, among others.

Total suspended solids pollutants showed concentrations that did not exceed (60.00 mg/L) what was established by the National Environmental Quality Standards for Water, (EQS), category 2 (Extraction, culture, and other coastal and continental marine activities, subcategory C2. Extraction and culture of other hydrobiological species in coastal marine waters) (MINAM, 2017); regarding oils and fat during the assessment, concentrations that presented specific values greater than 1 mg/L were determined in some stations of the Coishco, El Ferrol, and Samanco Bays that surpassed (1.00 mg/L) the regulations in force by the EQSs; the hydrogen sulfides found were lower than the EQSs.

During the assessment, concentrations of biochemical oxygen demand did not exceed what is permitted by the National Environmental Quality Standards for Water, category 2 (Extraction, culture, and other coastal and continental marine activities, subcategory C2. Extraction and culture of other hydrobiological species in coastal marine waters) (MINAM, 2017), while in the period from 2011 to 2013, they presented specific concentrations that exceeded the EQSs.

In Coishco and Samanco, microbial pollution indicators had the highest concentrations

concentraciones más altas en Coishco y Samanco (>1.500,00 NMP/100 mL); en tanto que en el resto de áreas evaluadas fueron <1.000 NMP/100 mL. Los indicadores de coliformes termotolerantes presentaron en algunas estaciones concentraciones que sobrepasaron lo normado ($\leq 30,00$ NMP/100 mL) por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 2 (Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, subcategoría C2) (MINAM, 2017).

La bahía El Ferrol mostró las concentraciones más altas de materia orgánica total denotándose mayor cantidad de sedimento fangoso, que se debe a los aportes continentales, antrópicos y sobre todo a pasivos ambientales de años anteriores. El sedimento marino presentó casos de olores a sulfuros y color negro propio de sustratos reducidos y semireducidos. El proceso de óxido – reducción del sedimento indica el estado de afectación del fondo marino, sobre todo en áreas sometidas a perturbación, como es el caso de estudio.

La calidad acuática por la línea costera de la Región Áncash, presentó registros térmicos variables y valores de oxígeno normales para la estación; en tanto que, la distribución halina fue influenciada por descargas continentales y vertidos antrópicos con valores por debajo de 34,800 ups en la parte norte, desde El Ferrol hasta Coishco, en estas dos áreas existen descargas continentales de los ríos Santa en Coishco y Lacramarca en El Ferrol, aunados al vertido continuo de la industria pesquera en Coishco y de algunas empresas pesqueras no asociadas al emisor submarino en el Ferrol, la que produjo altos valores de nutrientes que en algunos casos presentaron valores puntuales que sobrepasaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 2. Subcategoría C3. Actividades industriales o de saneamiento en aguas marino costeras (MINAM, 2017).

Los sólidos suspendidos totales presentaron concentraciones que no sobrepasaron lo permitido (70,00 mg/L) por la normatividad vigente; las demás áreas evaluadas cumplieron dicha norma; los aceites y grasa presentaron un valor puntual de 2,30 mg/L en la bahía El Ferrol que sobrepasó (2,00 mg/L) la normatividad vigente. Los sulfuros de hidrógeno en el 2018 presentaron un valor puntual de 0,4824 mg/L en la bahía El Ferrol que superó lo permitido (0,0500 mg/L) por el ECA.

of total coliforms (>1,500.00 NMP/100 mL); while in the remaining assessed areas, they were <1,000 NMP/100 mL. Thermotolerant coliform indicators showed concentrations in some stations that surpassed what was regulated ($\leq 30,00$ NMP/100 mL) by the National Environmental Quality Standards for Water, category 2 (Extraction, culture, and other coastal marine and inland activities, subcategory C2) (MINAM, 2017).

El Ferrol Bay had the highest concentrations of total organic matter denoting a greater amount of muddy sediment, which is originated by continental, anthropogenic, and above all, environmental liabilities from previous years. The marine sediment was characterized by sulfur odors and the black color of reduced and semi-reduced substrates. The oxidation-reduction process of the sediment indicates how affected the seabed is, especially in areas undergoing disturbance, such as the case study.

The aquatic quality along the coastline of the Ancash Region presented variable thermal records and normal oxygen values for the season; While the haline distribution was influenced by continental and anthropogenic discharges with values below 34.800 ups in the northern part, from El Ferrol to Coishco; in these two areas, there are continental discharges from the Santa River in Coishco and Lacramarca River in El Ferrol, coupled with the continuous dumping of the fishing industry in Coishco and some fishing companies not associated with the submarine emitter in Ferrol, which produced high values of nutrients that, in some cases, presented specific values that surpassed National Environmental Quality Standards for Water, category 2. Subcategory C3. Industrial or sanitation activities in coastal marine waters (MINAM, 2017).

The total suspended solids presented concentrations that did not exceed what was permitted (70.00 mg/L) by current regulations; the other assessed areas complied with such regulations; the oils and fat presented a specific value of 2.30 mg/L in El Ferrol Bay that exceeded (2.00 mg/L) current regulations. Hydrogen sulfides, in 2018, presented a specific value of 0.4824 mg/L in El Ferrol Bay, which exceeded the maximum limit (0.0500 mg/L).

En la bahía de Coishco, la demanda bioquímica de oxígeno en el 2018 presentó un valor puntual de 10,76 mg/L que superó lo permitido de 10,00 mg/L; y las demás áreas evaluadas fueron menores a lo estipulado en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Respecto a los coliformes termotolerantes presentaron, en algunas estaciones, valores puntuales que superaron ($\leq 30,00$ NMP/100 mL) a la normatividad vigente de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 2. Extracción, cultivos y otras actividades marino costeras (MINAM, 2017).

Los ríos de la costa presentaron en su mayoría terreno pedregoso con parches de arena fina y en algunos casos restos de fango, donde los valores de materia orgánica total no fueron altos en comparación a lo encontrado en el medio marino.

5. CONCLUSIONES

La calidad ambiental de la Región Áncash presentó una leve mejoría en relación a años anteriores, a excepción de las bahías de Coishco y El Ferrol las cuales siguen influenciadas por los continuos vertimientos de aguas de uso doméstico, aguas de escorrentía agrícola y ocasionalmente industrial y el pasivo ambiental de más de 50 años como es el caso de El Ferrol, estas fuentes de contaminación tienen un impacto negativo sobre el ecosistema marino, las actividades económicas y la salud humana.

Por mar somero y línea de playa se encontraron restos de basura doméstica como bolsas, botellas de plástico, empaques de *sixpack*; manchas negras oleosas, restos de vegetales descomposición de mamíferos y aves marinas, principalmente en la zona central de Coishco, y parte norte y central de El Ferrol.

Agradecimientos

Especial agradecimiento a los señores: César Tinoco Robles, Armando Crispín Carpio, Agustín Pizán Cadillo, David Bayona, Luis Cadillo, a la Ing. Georgina Flores, Ing. Manuel Guzmán, Blgo. Daysi Tirado por su apoyo en los análisis físicos, químicos y biológicos, también a los miembros de la tripulación Imarpe V.

In Coishco Bay, the biochemical oxygen demand in 2018 had a specific value of 10.76 mg/L, which exceeded the limit of 10.00 mg/L; and the other assessed areas were lower than what was established in the National Environmental Quality Standards for Water. Regarding thermotolerant coliforms, in some stations, they presented specific values that exceeded (≤ 30.00 NMP/100 mL) the current regulations of the National Environmental Quality Standards for Water, category 2. Extraction, culture, and other coastal marine activities (MINAM, 2017).

The coastal rivers presented mostly stony terrain with patches of fine sand and in some cases remains of mud, where the total organic matter values were not high in comparison to what was found in the marine environment.

5. CONCLUSIONS

The environmental quality of the Ancash Region showed a slight improvement over previous years, except for the Coishco and El Ferrol Bays which are still influenced by continuous discharges of domestic water, agricultural, and occasionally industrial runoff and the environmental liabilities of more than 50 years as is the case of El Ferrol, these sources of pollution have a negative impact on the marine ecosystem, economic activities, and human health.

By shallow sea and beach line, remains of domestic garbage were found, such as bags, plastic bottles, six-pack packages; oily black spots, remains of vegetable decomposition of marine mammals and birds, mainly in the central area of Coishco, and the northern and central part of El Ferrol.

Acknowledgments

Special thanks to César Tinoco Robles, Armando Crispín Carpio, Agustín Pizán Cadillo, David Bayona, Luis Cadillo, Engr. Georgina Flores, Engr. Manuel Guzmán, Biol. Daysi Tirado for their support in the physical, chemical, and biological analyses, also to the members of the Imarpe V crew.

REFERENCIAS / REFERENCES

- APHA, AWWA, WEF. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th Edition.
- CAMPUZANO S, CAMACHO J E, ALVAREZ A. 2006. Caracterización del desecho tóxico producido en PYMES que fabrican detergentes. *Gestión y Ambiente*, 9(1), undefined-undefined. [fecha de Consulta 18 de Octubre de 2019]. ISSN: 0124-177X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1694/169421183006>
- CARRIT D, CARPENTER J. 1966. Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in seawater. *NASCD Report. Journal of Marine Research*. 24: 286 - 318.
- CONOPUMA C. 1989. Inventario y caracterización de la contaminación proveniente de actividades terrestres en el área costera de Lima Metropolitana y Chimbote. Seminario sobre Investigación y Vigilancia de la Contaminación Marina en el Pacífico Sudeste, Cali - Colombia.
- CUADROS M, GONZALES J. 1991. Estudio del impacto ambiental de los efluentes de la industria pesquera en la Bahía Ferrol en Chimbote.
- DEAN JR. W E. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. *J. Sedim. Petrol.* 44(1): 242 - 248.
- DEPARTMENT OF ENVIRONMENT. 1976. Environmental Laboratory Water Resources Service. A laboratory manual for the chemical analysis of waters, wastewater sediments and biological tissues. Second Edition Vancouver. B.C.
- ENRIQUEZ E, OROZCO R, CASTILLO S, FERNÁNDEZ E, SÁNCHEZ S, MORÓN O, CÓRDOVA J. 1998. Estado del ecosistema marino de las bahías El Ferrol y Samanco afectado por vertidos orgánicos, Chimbote. Junio 1997. *Inf. Prog. Inst. Mar Perú*.
- GARCÍA V, OROZCO R. 2017. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Diciembre 2017. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, OROZCO R. 2016. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Noviembre y Abril-mayo 2016. Informes Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, OROZCO R. 2015. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Noviembre y Abril. Informes Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, GONZALES I, OROZCO R, SÁNCHEZ S. 2014. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Diciembre, Setiembre y Abril. Informes Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, RUBIO J, SÁNCHEZ G, OROZCO R. 2009. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Agosto-setiembre y Marzo. Informes Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, HUERTO M, CERVANTES C, LEÓN J, CÓRDOVA N. 2011. Caracterización ambiental y potencial pesquero 2004 - 2011: Bahía de Samanco, Chimbote, Perú. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, RUBIO J, SÁNCHEZ G, OROZCO R, DOMÍNGUEZ N. 2008. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Setiembre-octubre 2008. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, RUBIO J, SÁNCHEZ S, OROZCO R, HUERTO M, CERVANTES C. 2013. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, RUBIO J, SÁNCHEZ G, OROZCO R, HUERTO M, CERVANTES C. 2012. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, RUBIO J, SÁNCHEZ G, OROZCO R, HUERTO M, CERVANTES C. 2011. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Informe Interno. Inst. Mar Perú. Vol. 40. N°s 1-2.
- GARCÍA V, RUBIO J, SÁNCHEZ G, OROZCO R, HUERTO M, CERVANTES C. 2010. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Octubre-noviembre y Junio. Informes Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, TRESIERRA A, SÁNCHEZ G, OROZCO R, BERNALES A, CAMPOS M. 2007. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Marzo. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, TRESIERRA A, SÁNCHEZ G, OROZCO R, DELGADO E, CRISPÍN A. 2006. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Abril. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, RUBIO J, TRESIERRA A, SÁNCHEZ G, OROZCO R, BERNALES A, DOMÍNGUEZ N. 2008. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Junio y Abril. Informes Interno. Inst. Mar Perú.
- GRASSHOF K. 1976. Methods of seawater Analysis. Verlag CEIME. New York.
- GUZMÁN M, JACINTO M, GANOZA F, VELAZCO F, CRISPÍN M. 2002. Prospección para la evaluación de las condiciones ambientales y sedimentológicas en la bahía El Ferrol, Chimbote. 22 al 25 Junio. Informe interno. Inst. Mar Perú. 09-16.
- HERNÁNDEZ E, AGUIRRE N, PALACIO J. 2011. Relación entre la determinación del pigmento Clorofila "a" y el Biovolumen geométrico algal en el lago de planicie de inundación (Ciénaga de Ayapel, Córdoba-Colombia). Mayo 2011. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquía-Colombia*. 60: 159 - 169.
- INTERNATIONAL STANDARD. 1983. Water quality deterioration of biochemical oxygen demand after day (BODn). Dilution and seeding method. ISO 5815. International Standard. 12 pp.
- JACINTO M, CHÁVEZ J, MORÓN O, SÁNCHEZ S, CÓRDOVA J. 1997. Evaluación de la calidad del medio marino en la bahía de Ferrol, Chimbote (17 - 19 abril 1996). *Inf. Prog. Inst. Mar Perú*. 69: 15-46.
- JACINTO M, GUZMÁN M, MORÓN O, DELGADO E, CÓRDOVA J. 1997. Evaluación de la calidad del medio marino en la bahía de Ferrol, Chimbote. Octubre 1995. *Inf. Prog. Inst. Mar Perú*. 49: 3 - 30.
- MINAM. 2017. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Norma Legal, El Peruano.
- MORAGA J, VALDEBENITO E, RUTLLANT J. 2001. Condiciones oceanográficas durante la fase de relajación de un evento de surgencia invernal frente a Punta Lengua de

- Vaca, Coquimbo. Investigaciones marinas, 29(1), 59-71. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-71782001000100006>
- MORÓN O. 2000. Características del ambiente marino frente a la costa peruana. Bol Inst Mar Perú. 19 (1-2): 179 - 204.
- OROZCO R, ENRIQUEZ E, MORÓN O, CASTILLO S, FERNÁNDEZ E, CÓRDOVA J. 1996. Evaluación de la contaminación y calidad microbiológica del agua de mar en las bahías de Ferrol y Samanco, Chimbote. Febrero 1996. Inf. Prog. Inst. Mar Perú. 56.
- SÁNCHEZ G, LI G, FLORES G, MORÓN O, OROZCO R. 1994. Evaluación de efectos de la contaminación en comunidades marinas en las bahías El Ferrol y Samanco. Chimbote. Informe Interno. Inst. Mar Perú. 08-23.
- STRICKLAND J, PARSON T. 1972. Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Board of Canada Ottawa. Bulletin 167.
- TRESIERRA A, GARCÍA V, HUERTO M, BERRÚ P, REYES D, CERVANTES C. 2007. Recursos vivos y ambiente de las bahías Coishco, El Ferrol y Samanco de la Región Áncash, Chimbote. Perú 2001 - 2005. Enero - Marzo 2007. Inf. Vol. 34. N° 1 Prog. Inst. Mar Perú. 09-51.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S.EPA). 1986. Quality Criteria for Water. 1 May 1986. Determination total solid suspended. Office of Water Regulations and Standards, Washington D.C., USA.