



INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

# INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 42, Número 4



Octubre-Diciembre 2015  
Callao, Perú

## CALIDAD DEL AMBIENTE MARINO Y COSTERO EN LA REGIÓN ÁNCASH, 2012

### QUALITY OF THE MARINE AND COASTAL ENVIRONMENT IN THE ANCASH REGION, 2012

Víctor García<sup>1</sup> Juan Rubio<sup>1</sup> Guadalupe Sánchez<sup>2</sup>  
Sonia Sánchez<sup>2</sup> Rita Orozco<sup>2</sup> Mario Huerto<sup>1</sup> Carlos Cervantes<sup>1</sup>

#### RESUMEN

GARCÍA V, RUBIO J, SÁNCHEZ G, SÁNCHEZ S, OROZCO R, HUERTO M, CERVANTES C. 2015. *Calidad del ambiente marino y costero en la Región Áncash, 2012. Inf Inst Mar Perú. 42(4): 436-459.* - Entre abril y octubre 2012, se evaluó la línea costera y las bahías Coishco, El Ferrol, Samanco, Tortuga, Casma, Huarney y Caleta Culebras y los ríos Santa, Lacramarca, Casma, Culebras, Huarney y Samanco. Se localizaron valores termohalinos propios de Aguas Costeras Frías (ACF) con influencias de vertidos antropogénicos y variaciones locales del proceso de evaporación. En abril el oxígeno disuelto presentó valores >5,00 mg/L en toda el área a excepción de la bahía Coishco (3,72 mg/L); en octubre la concentración más alta estuvo en Samanco (7,51 mg/L) y la más baja en Huarney (2,53 mg/L), el pH estuvo en relación directa con el oxígeno. En abril y octubre los agentes contaminantes de sólidos suspendidos totales presentaron valores >30,00 mg/L en las bahías Coishco, El Ferrol y Tortuga, superando lo permitido por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4. En abril y octubre la calidad de agua en la cuenca baja de los ríos Santa, Lacramarca, Casma, Culebras y Huarney respecto a la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno estuvo dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4.

PALABRAS CLAVE: Calidad ambiental, Región Áncash, Perú

#### ABSTRACT

GARCÍA V, RUBIO J, SÁNCHEZ G, SÁNCHEZ S, OROZCO R, HUERTO M, CERVANTES C. 2015. *Quality of the marine and coastal environment in the Ancash Region, 2012. Inf Inst Mar Perú. 42(4): 436-459.* - Between April and October 2012, the coastline and the Coishco, El Ferrol, Samanco, Tortuga, Casma, Huarney and Culebras Caleta, and rivers Santa, Lacramarca, Casma, Culebras, Huarney and Samanco was evaluated. Thermohaline own values Cold Coastal Waters (CCW) with minor spills and anthropogenic discharges on local variations of the evaporation process were found. In April dissolved oxygen showed values >5.00 mg/L in the whole area except for the Coishco Bay (3.72 mg/L); in October, the highest concentration was in Samanco (7.51 mg/L) and the lowest in Huarney (2.53 mg/L), pH was directly related to oxygen. In April and October of solid pollutants total suspended had values >30.00 mg/L in the Coishco, El Ferrol and Tortuga bays, surpassing permitted by the National Environmental Quality Standards for Water, category 4. In April and October the water quality in the lower basin the rivers Santa, Lacramarca, Casma, Huarney and Culebras respect to the concentration of the biochemical oxygen demand was within the National Environmental Quality Standards for Water, Category 4.

KEYWORDS: Environmental quality, Ancash Region, Peru

## 1. INTRODUCCIÓN

En la Región Áncash la actividad industrial pesquera, orientada a la producción de harina y aceite de pescado y la maricultura, está produciendo cambios y variaciones significativas en las características hidroquímicas del ecosistema marino presentando indicios de materia orgánica derivada de dichas actividades. Además se desarrolla la actividad minero-metalúrgica.

Estas actividades generan ciertos niveles de contaminación en las diferentes bahías, debido al vertimiento permanente al ecosistema marino de aguas residuales industriales, que unidas a las aguas de uso doméstico,

ocasionan en el ecosistema marino situaciones de hipoxia y en casos extremos condiciones de anoxia.

La bahía Coishco presenta perturbación producto de la recepción de aguas de uso doméstico no tratadas y de las aguas de la industria pesquera. La bahía El Ferrol que ha sido la más estudiada, presenta un fuerte impacto en el medio marino así como en la comunidad bentónica, los trabajos de SÁNCHEZ et al. 1994, OROZCO et al. 1996, JACINTO et al. 1996, ENRÍQUEZ et al. 1998, GUZMÁN et al. 2002, GARCÍA et al. 2005 y 2006, demuestran que las condiciones de estrés ambiental no han mejorado respecto a la situación actual, siendo las aguas de uso doméstico, las aguas residuales de la industria pesquera y de la siderúrgica, las principales fuentes de contaminación de la bahía.

1 IMARPE Chimbote vgarcia@imarpe.gob.pe

2 IMARPE Callao ssanchez@imarpe.gob.pe,

jrubio@imarpe.gob.pe, ritaoro@imarpe.gob.pe, mhuerto@imarpe.gob.pe, ccervantes@imarpe.gob.pe

El ecosistema marino costero de la bahía Samanco presenta signos de contaminación por efectos de la maricultura y la industria pesquera, pero aún es una bahía de aceptable calidad, ya que la salud del ecosistema marino no ha sido mayormente impactada.

En las bahías Casma, Huarmey y caleta Culebras se realizan actividades pesqueras, en la bahía Tortuga se desarrollan actividades de maricultura y en la bahía Huarmey también se produce el embarque de minerales.

La configuración de la costa, principalmente entre Coishco y Huarmey, presenta un perfil accidentado por presencia de cerros, dando origen a ensenadas, bahías y caletas, con sus propias características aunado al aporte continental, que es otro factor que influye en el comportamiento dinámico de la zona. Los procesos oceanográficos son afectados y alterados por la construcción de muelles e instalación de chatas que se oponen a la circulación normal de las corrientes marinas.

En este trabajo se da información sistemática sobre el estado de afectación ambiental del litoral marino costero de la Región Áncash y se evalúan los efectos de la contaminación sobre el ecosistema marino.

## ÁREA DE ESTUDIO

La zona de influencia del área de estudio comprende sistemas de bahías abiertas y cerradas, con zonas protegidas por las islas Santa (Coishco), Blanca y Ferrol (El Ferrol), Redonda (Samanco) y Tortuga (Tortuga) y por los acantilados rocosos que se extienden por las bahías de Casma y Huarmey, 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 de Coishco, El Ferrol y Samanco), Casma (bahías de Tortuga y Casma) y Huarmey (caleta Culebras y bahía de Huarmey), el litoral costero está determinado por las latitudes  $8^{\circ}47'34,9''S$  a  $10^{\circ}7'11,5''S$  (Fig. 1).

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### MUESTREO DE CAMPO

Las prospecciones de bahías y caletas de la Región Áncash en abril 2012, se realizaron el 12, 13 y del 15 al 19 por mar y del 21 al 27 por playas y en octubre 2012, éstas se efectuaron por mar del 1 al 7 y por playas del 8 al 14.

Se monitorearon las bahías Coishco, El Ferrol, Samanco, Tortuga, Huarmey y Casma; también se evaluaron las cuencas bajas de los ríos Santa, Lacramarca, Casma, Culebras, Huarmey y dren Samanco. El monitoreo se realizó entre las latitudes  $8^{\circ}47'S$  y  $10^{\circ}7'S$  (Tabla 1), utilizando para la navegación el BIC IMARPE V provisto de compás

magnético y equipo de posicionamiento global (GPS) y, por línea de playa y riberas de los ríos se utilizó una camioneta y un GPS marca Garmin.

### MUESTREO POR MAR

En las bahías Coishco, Tortuga y Casma se evaluaron 8 estaciones en cada una, en las bahías El Ferrol, Samanco y Huarmey 10 en cada una, y 11 estaciones en Caleta Culebras, haciendo un total de 65 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 (Fig. 2).

En cada nivel se registró la temperatura con un termómetro de mercurio simple y otro de inversión. La transparencia se midió con un disco Secchi. Las muestras en superficie se colectaron 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 colectó muestras para salinidad, nutrientes, sólidos suspendidos totales, aceites y grasa, pH, sulfuros, demanda bioquímica de oxígeno e indicadores de contaminación microbiológica.

Se colectaron muestras de sedimentos con la draga Van Veen para determinar trazas de metales pesados y materia orgánica total. Todas las muestras fueron preservadas a bordo con hielo, a excepción de las muestras destinadas a la determinación de oxígeno y salinidad. Las corrientes marinas se registraron con el correntómetro Andera RCM9.



Figura 1.- Ubicación de las áreas evaluadas, Región Áncash



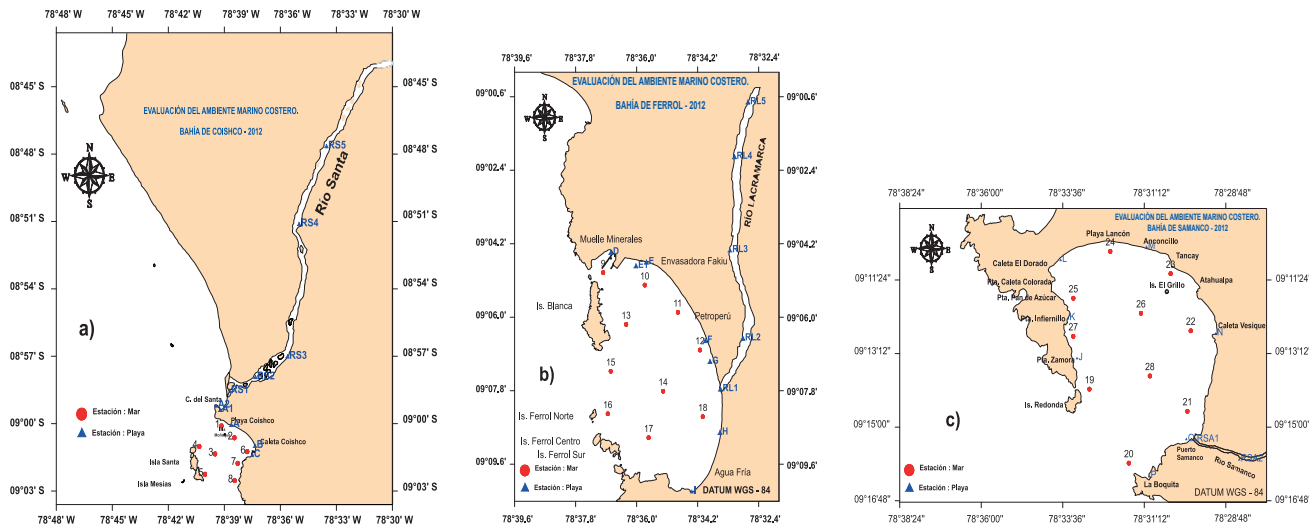


Figura 2.- Carta de posiciones en la provincia del Santa: a) Coishco, b) El Ferrol y c) Samanco. Región Áncash, 2012

Tabla 1.- Posiciones de estaciones. Calidad ambiental del ambiente marino costero. Áncash, 2012

Estación	Latitud S	Longitud W	Profundidad (m)	Estación	Latitud S	Longitud W	Profundidad (m)	Estación	Latitud S	Longitud W	Estación	Latitud S	Longitud W		
<b>Bahía Coishco</b>				<b>Bahía Casma</b>				<b>Playas en bahía El Ferrol</b>				<b>Playas en bahía Huarmey</b>			
1	9°0'6"	78°39'9,3"	11,3	37	9°25'59,1"	78°24'59,8"	26,1	D	9°4'25,5"	78°36'45,5"	HA	10°4'8"	78°10'29,7"		
2	9°0'37,6"	78°38'27,7"	12,1	38	9°26'47,2"	78°24'48,3"	24,8	E	9°4'38,3"	78°35'43,4"	HB	10°4'37,1"	78°10'12,9"		
3	9°1'20,6"	78°39'29,9"	17,4	39	9°26'13,8"	78°23'50,2"	10,5	E1	9°4'45,1"	78°36'1,5"	HC	10°5'48,8"	78°10'18,3"		
4	9°1'10,8"	78°40'20,7"	15,1	40	9°27'12,8"	78°23'14,6"	8,0	F	9°6'35,4"	78°33'5,8"	HD	10°6'48,4"	78°10'48"		
5	9°2'15,1"	78°40'2,4"	17,5	41	9°26'15,5"	78°24'11,3"	16,5	G	9°7'5,2"	78°33'48,9"	<b>Río Santa</b>				
6	9°1'14,7"	78°37'46,6"	11,5	42	9°27'17"	78°24'48,3"	24,5	H	9°9'13,7"	78°33'39,6"	RS1	8°58'24,9"	78°38'38,7"		
7	9°1'45,9"	78°38'17,1"	16,3	43	9°27'13,2"	78°23'43,3"	18,9	I	9°10'16"	78°34'20,5"	RS2	8°57'56,6"	78°37'19,4"		
8	9°2'32"	78°38'26,9"	18,5	44	9°28'5,9"	78°24'40"	26,5	<b>Playas en bahía Samanco</b>				RS3	8°56'48,9"	78°35'33,1"	
<b>Bahía El Ferrol</b>				<b>Caleta Culebras</b>				J	9°13'24,9"	78°33'13,1"	RS4	8°51'6,8"	78°35'0,3"		
9	9°4'54,3"	78°36'59,3"	9,2	45	9°55'15,7"	78°14'38,1"	49,2	K	9°12'43,7"	78°33'19,6"	RS5	8°47'37,2"	78°33'46,2"		
10	9°5'12,7"	78°35'45,7"	6,6	46	9°54'42,4"	78°14'8,1"	23,8	L	9°10'44,4"	78°33'23,3"	<b>Río Lacramarca</b>				
11	9°5'52,8"	78°34'46,9"	6,5	47	9°55'28,1"	78°13'52,6"	16,2	M	9°10'40,4"	78°30'46"	RL1	9°8'2,8"	78°33'29,2"		
12	9°6'48,1"	78°34'8"	6,8	48	9°56'33,6"	78°14'9"	25,2	M1	9°11'6,3"	78°30'16,9"	RL2	9°6'32,3"	78°32'51,9"		
13	9°6'10,5"	78°36'18,6"	11	49	9°56'24,9"	78°13'45,8"	7,7	N	9°12'43,3"	78°29'6,7"	RL3	9°4'21,6"	78°33'14,7"		
14	9°7'48,7"	78°35'13,1"	9,4	50	9°55'55,8"	78°14'38,1"	43,8	O	9°15'18,1"	78°29'57,1"	RL4	9°2'4,5"	78°33'07"		
15	9°7'19,3"	78°35'45,9"	23,5	51	9°56'50,9"	78°13'55,2"	18,5	P	9°16'12,7"	78°31'4,7"	RL5	9°0'44,5"	78°32'43,5"		
16	9°8'21,8"	78°36'51,1"	23,8	52	9°56'33,3"	78°14'34,8"	43,5	<b>Playas en bahía Tortuga</b>				<b>Río Samanco</b>			
17	9°8'57"	78°35'38,8"	12	53	9°57'4,7"	78°14'26,3"	51	Q	9°21'39,5"	78°25'20,1"	RSA1	9°15'18,7"	78°29'41,8"		
18	9°8'26"	78°34'2,9"	7,6	54	9°57'38,4"	78°14'2,7"	37,2	R	9°21'39,6"	78°24'39,7"	RSA2	9°15'46"	78°28'25,3"		
<b>Bahía Samanco</b>				55	9°57'45,4"	78°13'20,5"	20,2	S	9°21'47,5"	78°24'32,8"	<b>Río Casma</b>				
19	9°14'4,1"	78°32'48,9"	28,5	<b>Bahía Huarmey</b>				T	9°22'10,6"	78°24'43,6"	RC1	9°27'4,6"	78°22'47,3"		
20	9°15'52,7"	78°31'39,4"	37,3	63	10°3'28,6"	78°11'7,4"	39,1	U	9°22'6,8"	78°25'18,7"	RC2	9°27'8,5"	78°21'12"		
21	9°14'36,6"	78°29'55,8"	7,5	64	10°3'46,6"	78°10'47,9"	20,9	<b>Playas en bahía Tortuga-Guaynuma</b>				RC3	9°27'51,3"	78°19'53"	
22	9°12'38,5"	78°29'50"	11,6	65	10°4'36,3"	78°10'25"	10,8	Q1	9°21'32,9"	78°25'23,1"	RC4	9°28'55"	78°18'40,6"		
23	9°11'14,7"	78°30'25,5"	7,5	66	10°4'42,9"	78°10'59,9"	27,8	Q2	9°21'13,5"	78°25'31,5"	RC5	9°29'8"	78°16'23,8"		
24	9°10'42"	78°32'12,1"	8,2	67	10°5'43,9"	78°10'30,6"	7,5	Q3	9°20'52,6"	78°25'26,5"	<b>Río Culebras</b>				
25	9°11'50,7"	78°33'17,3"	10,9	68	10°5'27,2"	78°10'44,3"	18,6	Q4	9°20'26,9"	78°25'31,3"	RCL1	9°56'15,1"	78°13'27,9"		
26	9°12'12,8"	78°31'17,9"	13,7	69	10°5'0,6"	78°10'36,9"	16,8	<b>Playas en bahía Casma</b>				<b>Río Huarmey</b>			
27	9°12'46,7"	78°33'17,5"	14,8	70	10°5'54,6"	78°11'10,6"	46,9	V	9°25'47,9"	78°23'54,3"	RH1	10°5'4,8"	78°9'56,8"		
28	9°13'44,8"	78°31'2,2"	18	71	10°6'29,1"	78°11'14,2"	45,5	W	9°26'19,5"	78°23'14,7"	RH6	10°4'32,4"	78°9'42,4"		
<b>Bahía Tortuga</b>				72	10°7'10,1"	78°10'35,7"	24	X	9°27'18,8"	78°22'59,9"	RH2	10°4'20,6"	78°9'4,3"		
29	9°21'45"	78°26'18,2"	33,8	<b>Playas en bahía Coishco</b>				Y	9°27'20,8"	78°23'10,3"	RH3	10°4'15,4"	78°8'34,7"		
30	9°21'45,6"	78°25'36,2"	17,8	A	9°0'2,5"	78°38'45,1"	0	Z	9°27'28,5"	78°23'12,9"	RH4	10°3'59,5"	78°6'40,9"		
31	9°22'4"	78°25'21,7"	10,9	B	9°0'57,6"	78°37'22,7"	0	<b>Playas en Caleta Culebras</b>				RH5	10°3'32,1"	78°5'28,4"	
32	9°22'2,4"	78°24'56,9"	3,6	C	9°0'1'23,4"	78°37'31,1"	0	CA	9°56'29,6"	78°13'35,7"					
33	9°21'55,6"	78°24'41,3"	3,7	<b>Puerto Santa</b>				CB	9°56'46,5"	78°13'54,9"					
34	9°21'49,7"	78°25'15,5"	11	A1	8°59'22,7"	78°39'14,4"	0	CC	9°56'55,6"	78°13'44,4"					
35	9°22'3,5"	78°26'8,1"	29,8	A2	8°59'12,3"	78°39'26,2"	0	CD	9°57'15,2"	78°13'35,5"					
36	9°22'35,4"	78°26'15,7"	16,2					CE	9°57'31"	78°13'20,4"					

**MUESTREO POR LÍNEA DE PLAYA Y RIBERA DE RÍOS**

Por línea de playa se seleccionaron un total de 38 estaciones y 5 en cada cuenca baja de los ríos Santa, Lacramarca, Casma y Huarmey; en los ríos Samanco y Culebras se muestrearon dos y una estación respectivamente. Los puntos de muestreo en los ríos se tomaron en la desembocadura al mar y aproximadamente a 1000 m de distancia entre cada uno de los puntos, a excepción de los puntos RS<sub>4</sub> y RS<sub>5</sub> que estuvieron a 2500 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 (Figs. 3, 4).

**METODOLOGÍA ANALÍTICA**

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

- Método titulométrico de Winkler modificado por CARPENTER (1965) para determinación de oxígeno disuelto.
- Método colorimétrico de STRICKLAND y PARSONS (1972) para determinación de nutrientes.
- Método colorimétrico de Fonselius para determinación de sulfuro de hidrogeno (GRASSHOFF 1976).

- Método potenciométrico con el equipo portátil pH-metro, para determinar el pH.
- Método gravimétrico de la US EPA 1986 para determinación de sólidos suspendidos totales.
- Método gravimétrico para determinación de aceites y grasas (Environment Water Resources Service 1976).
- Método de inducción usando el Portasal Guildline 8410A, para determinación de salinidad.
- Método de la International Standard Organization 5815 (1983) para determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).
- Método de tubos múltiples (Número Más Probable) según APHA 1995, para coliformes.
- La temperatura superficial se registró con termómetro de mercurio de balde y la de fondo con un termómetro de inversión Kahlsico.
- Metales pesados por sistema de digestión por microondas y lecturas en espectrofotómetro de absorción atómica con flama y horno de grafito según la CEM – USA 1994.
- Los análisis geoquímicos de materia orgánica total se determinaron siguiendo a DEAN (1974).

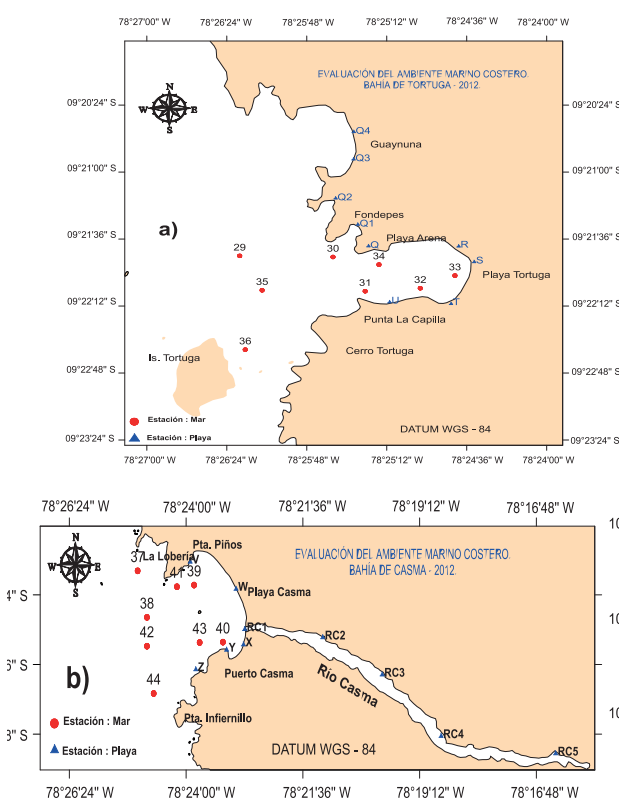


Figura 3.- Carta de posiciones en la provincia de Casma: a) Tortuga y b) Casma. 2012

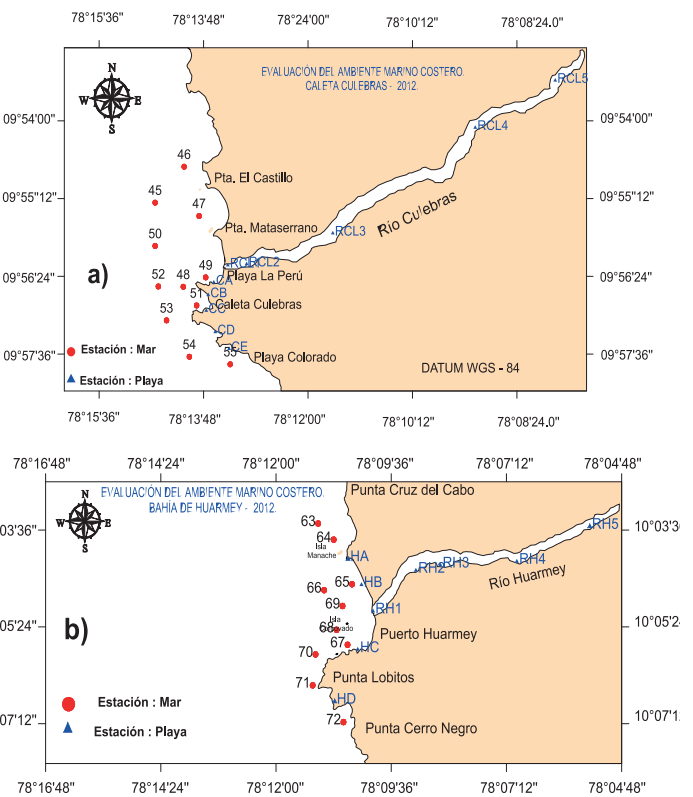


Figura 4.- Carta de posiciones, provincia de Huarmey: a) Caleta Culebras y b) Huarmey. 2012

- En el laboratorio se obtuvieron los volúmenes de plancton por centrifugación a 2400 RPM durante 5 minutos, empleándose la siguiente fórmula:

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

Donde:

V = volumen de plancton

Vc = volumen de plancton centrifugado (mL)

K = 6,6273 m<sup>3</sup>, constante que indica el agua filtrada por la red

Los resultados finales son expresados en mililitros de plancton por metro cúbico de agua de mar filtrada (mL/m<sup>3</sup>).

Las muestras fueron analizadas semi cuantitativamente considerando la proporción de los principales grupos del plancton, así como de las especies más abundantes, otorgándoles valores convencionales según metodología estandarizada del Área, tal como sigue: Ausente: 0, Presente: 1, Escaso: 2, Abundante: 3 y Muy abundante: 4.

### 3. RESULTADOS

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

La configuración batimétrica del zócalo continental desde Puerto Santa-Coishco hasta Huarney es muy accidentada, con ensenadas de playas arenosas y acantilados rocosos inaccesibles.

#### Transparencia (m)

La penetración de la luz en el agua de mar medida como transparencia varió de 1,2 m (El Ferrol, abril) a 10,0 m (Huarney, octubre) con promedio anual de 3,9 m de profundidad (Tabla 2, Fig. 5).

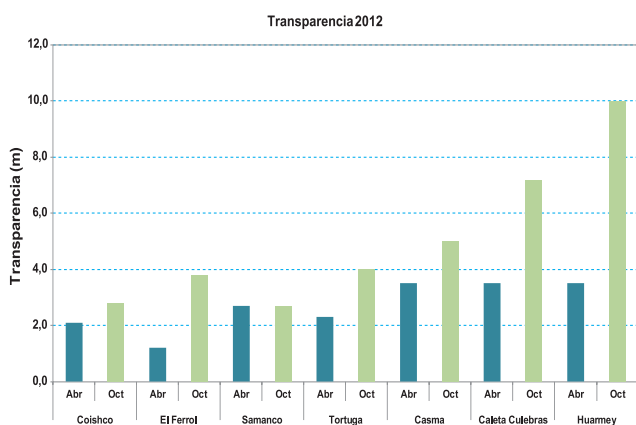


Figura 5.- Variación de transparencia del mar (m) promedio, Región Ancash - 2012

#### TEMPERATURA (°C)

Los registros térmicos superficiales promedio en abril variaron de 18,9 °C (Huarney) a 22,1 °C (Samanco) y en octubre de 15,6 °C (Coishco y Huarney) a 19,3 °C (Samanco), el promedio anual fue 18,5 °C (Tabla 2). Se observó desplazamientos locales de las masas de agua cálida por inmediateces de la bahía Samanco en abril y octubre, las temperaturas más bajas se localizaron en octubre con valores próximos a 16,5 °C en la mayor parte del área evaluada.

En abril, a 5 m de profundidad, la temperatura varió de 19,2 °C (Coishco, Casma) a 21,6 °C (Samanco); en octubre varió de 15,4 °C (Coishco) a 18,8 °C (Samanco). Los registros térmicos se incrementaron con mayor dinámica en Samanco por ser una bahía semicerrada en forma de media luna, que no permite una limpieza rápida de sus masas de agua.

En octubre, en el fondo, la temperatura registró 14,9 °C en caleta Culebras y bahía Huarney, en la bahía Samanco fue de 21,0 °C; por la zona sur del área evaluada la distribución térmica presentó los valores más bajos.

En las bahías El Ferrol, Samanco y Tortuga durante abril, se encontraron condiciones térmicas cálidas asociadas a los pulsos de Ondas Kelvin, que mantuvieron temperaturas cálidas, pero las características frías se mantuvieron en el resto de áreas tanto en abril como en octubre, las que estuvieron asociadas al afloramiento costero y mezcla de Aguas Costeras Frías (ACF) con Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y la influencia de aguas continentales y residuales.

#### Salinidad (ups)

La salinidad superficial en abril, presentó concentraciones por debajo de 34,800 ups en las bahías Coishco, El Ferrol, Casma y en caleta Culebras. En Samanco, Tortuga y caleta Culebras las concentraciones estuvieron próximas a 35,000 ups; en octubre se encontró la concentración más alta en la bahía Samanco y la más baja en Coishco (Tabla 2). Se localizó mezcla de Aguas Costeras Frías (ACF) con Aguas Subtropicales Superficiales, además de estar influenciadas por descargas de los ríos y vertimientos antropogénicos.

A 5 m de profundidad de Coishco a Casma, la salinidad varió de 34,670 ups (Casma, abril) a 35,188 ups (Samanco, octubre); a 15 m de profundidad de caleta-Culebras a Huarney la concentración varió de 34,995 ups (Huarney) a 35,046 ups (caleta Culebras, octubre); la distribución halina presentó las concentraciones más bajas por inmediateces de la bahía Casma.

Tabla 2.- Parámetros físicos promedio. Calidad ambiental marino-costero, Región Ancash. 2012

Año	Lugar	Mes	Nivel s = superficie i = intermedio 5 y 15 m f = fondo	Transparencia (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	Corrientes marinas						
							Velocidad (cm/s)	Dirección (°)					
Coishco	Abril	s	i=5	2,1	19,6	34,772	13,17	96					
									f	19,2	34,892	14,09	220
	s	2,8	15,6	34,828	12,46	123							
							i=5	15,4	35,036	11,82	195		
												f	15,3
El Ferrol	Abril	s	1,2	21,8	34,740	9,13							
							i=5	20,5	34,789	7,25	213		
												f	19,6
	s	3,8	17,8	34,891	9,77	130							
							i=5	17,3	35,013	6,13	214		
												f	16,3
Samanco	Abril	s	2,7	22,1	35,027	11,02							
							i=5	21,6	35,002	11,20	158		
												f	21,0
	s	2,7	19,3	35,225	11,60	196							
							i=5	18,8	35,188	11,44	180		
												f	17,5
Tortuga	Abril	s	2,3	21,1	34,962	6,48							
							i=5	20,1	34,903	6,47	166		
												f	19,7
	s	4,0	17,3	35,072	7,35	206							
							i=5	16,6	35,050	4,88	158		
												f	16,0
Casma	Abril	s	3,5	19,6	32,607	11,71							
							i=5	19,2	34,670	20,86	219		
												f	18,6
	s	5,0	16,3	35,079	10,41	170							
							i=5	16,1	35,047	14,32	234		
												f	15,5
Caleta Culebras	Abril	s	3,5	20,0	35,031	12,07							
							i=15	18,8	35,018	21,98	183		
												f	18,1
	s	7,2	15,8	35,069	11,08	168							
							i=15	15,2	35,046	8,83	195		
												f	14,9
Huarmey	Abril	s	3,5	18,9	34,325	12,57							
							i=15	18,2	34,995	21,39	215		
												f	17,6
	s	10,0	15,6	35,042	9,50	145							
							i=15	15,1	35,031	17,01	203		
												f	14,9
s	3,9	18,6	34,762	10,59	148								
						Promedio anual	i = 5 m	18,5	34,959	10,85	196		
												i = 15 m	16,8
f	17,4	34,998	10,77	184									

En el fondo la distribución halina presentó las concentraciones más estables con valores >34,800 ups en toda el área evaluada; en la bahía Samanco se detectaron concentraciones de 35,200 ups debido a la menor profundidad de la zona.

### Corrientes marinas (cm/s)

La velocidad y dirección de las corrientes marinas superficiales en abril, presentaron intensidades de flujo de 6,48 cm/s (Tortuga) a 13,17 cm/s (Coishco) (Tabla 2). Las masas de agua presentaron velocidades más altas en

los extremos norte y sur del área evaluada, debido a las características de bahías semicerradas (Tortuga, Samanco) que no permitieron cambios rápidos de las masas de agua en la parte central de cada una de las bahías.

A 5 m de profundidad las velocidades variaron de 4,88 cm/s (Tortuga, octubre) a 20,86 cm/s (Casma, abril) y a 15 m de profundidad estas velocidades oscilaron entre 8,83 cm/s (caleta Culebras, octubre) y 21,98 cm/s (caleta Culebras, abril). En abril se localizaron las velocidades más altas y en octubre las más bajas.

En el fondo las velocidades presentaron intensidades de flujo de 3,50 cm/s (Tortuga, octubre) a 16,87 cm/s (Casma, abril). El desplazamiento de las masas de agua fue mayor en zonas abiertas; en tanto que, en áreas semicerradas presentaron flujos débiles debido a la configuración de las zonas.

**Potencial de iones hidronio (pH)**

En la superficie el menor valor del pH fue 7,36 en Tortuga (octubre) y el mayor fue 9,01 en Samanco (abril); en el fondo varió de 7,35 en Casma (abril) a 8,93 en Samanco (abril) (Tabla 3). Tanto en superficie como en fondo las concentraciones de pH, presentaron relación directamente proporcional con la concentración de oxígeno. Las concentraciones más altas se localizaron en las inmediaciones de la bahía Samanco (Fig. 6).

**Oxígeno disuelto (mg/L)**

El oxígeno superficial promedio varió entre 2,53 mg/L (Huarmey, octubre) y 9,98 mg/L (El Ferrol, abril) (Tabla 3). Las concentraciones más altas se localizaron en abril en las bahías El Ferrol, Samanco y caleta Culebras con valores próximos a 9,00 mg/L; las concentraciones más bajas se encontraron en los extremos del área evaluada del litoral de Áncash.

A 5 m de profundidad la concentración más alta se detectó en Samanco (abril) y la más baja en Coishco (abril); a 15 m de profundidad, la concentración más baja (1,22 mg/L) se registró en Huarmey (octubre) y la más alta (4,04 mg/L) en caleta Culebras (abril).

En el fondo la concentración varió de 0,76 mg/L (Huarmey, octubre) a 5,76 mg/L (Huarmey, abril). Las concentraciones más altas se registraron en las bahías Samanco, Tortuga y Huarmey; las concentraciones más bajas se detectaron en los extremos norte y sur del área evaluada.

**Fosfatos (µM)**

Los fosfatos promedio superficiales variaron de 0,29 µM (Coishco, abril) a 4,75 µM (Huarmey, octubre) (Tabla 3). Las concentraciones más altas se localizaron en el extremo sur del área evaluada.

A 5 m de profundidad los fosfatos oscilaron entre 0,23 µM (Coishco, abril) y 4,10 µM (Coishco, octubre) y a 15 m de profundidad las concentraciones variaron entre 2,40 µM (caleta Culebras, abril) a 8,15 µM (caleta Culebras, octubre).

En el fondo la concentración fue 0,36 µM en Samanco (abril) a 4,44 µM en Coishco (octubre). La distribución de fosfatos presentó las concentraciones más bajas durante abril y las >2,60 µM se localizaron por el extremo sur del área evaluada.

**Silicatos (µM)**

En superficie el promedio de los silicatos fluctuó entre 1,70 µM (caleta Culebras, abril) y 34,57 µM (Coishco, octubre) (Tabla 3). La distribución de silicatos presentó las concentraciones más altas durante octubre por los extremos norte y sur; las más bajas se encontraron en abril por inmediaciones de la zona central del área evaluada.

A 5 m de profundidad la concentración de silicatos varió entre 1,54 µM y 36,19 µM; la distribución presentó las concentraciones más altas en octubre; a 15 m de profundidad se presentaron concentraciones de 2,16 a 22,48 µM, las más altas se encontraron en octubre en caleta Culebras y en Huarmey.

En el fondo los silicatos se registraron en 1,41 µM (Casma, abril) a 33,33 µM (Coishco, octubre). La distribución presentó las concentraciones más altas por los extremos norte y sur del área evaluada; en octubre por inmediaciones de la bahía Samanco se localizó un valor de 24,33 µM.

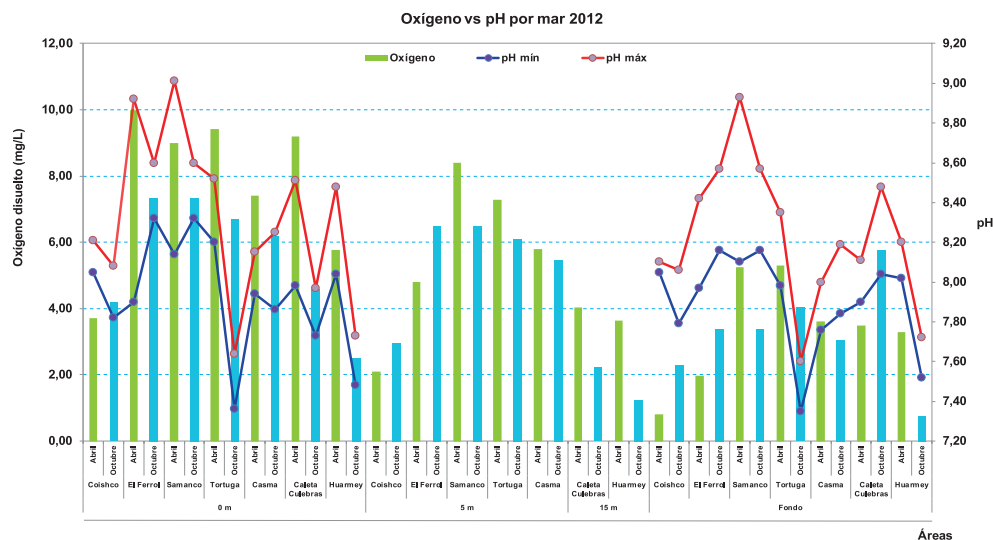


Figura 6.- Variación de oxígeno (mg/L) promedio vs pH. Región Áncash, 2012



**Nitratos ( $\mu\text{M}$ )**

En superficie el promedio de los nitratos varió entre 0,82  $\mu\text{M}$  (El Ferrol, abril) y 17,99  $\mu\text{M}$  (Coishco, octubre) (Tabla 3). Las concentraciones más altas se detectaron en octubre en los extremos norte y sur, y las más bajas en abril localizándose en la zona central de las bahías.

A 5 m de profundidad, las concentraciones variaron entre 1,64  $\mu\text{M}$  (Samanco, abril) y 16,82  $\mu\text{M}$  (Coishco, octubre), a 15 m de profundidad la concentración más alta fue de 14,66  $\mu\text{M}$  (caleta Culebras, octubre) y la más baja de 4,75  $\mu\text{M}$  (caleta Culebras, abril) (Tabla 3), en las inmediaciones de la bahía Huarmey se registraron concentraciones  $>9,00 \mu\text{M}$ .

Tabla 3.- Parámetros químicos promedio. Calidad ambiental marino y costero, Región Ancash. 2012

Año Lugar	Mes	Nivel s = superficie i = intermedio 5, 15 m f = fondo	pH		Oxígeno (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Silicatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	NitrItos (mg/L)
			mín	máx					
Coishco	Abril	s	8,05	8,21	3,72	0,028	0,146	0,624	0,066
		i=5			2,10	0,022	0,154	0,666	0,073
		f	8,05	8,10	0,81	0,045	0,155	0,693	0,082
	Octubre	s	7,82	8,08	4,18	0,363	2,074	1,115	0,076
		i=5			2,97	0,390	2,171	1,042	0,077
		f	7,79	8,06	2,29	0,422	2,000	1,149	0,072
El Ferrol	Abril	s	7,90	8,92	9,98	0,122	0,223	0,051	0,021
		i=5			4,80	0,049	0,166	0,172	0,029
		f	7,97	8,42	1,97	0,068	0,194	0,287	0,052
	Octubre	s	8,32	8,60	7,34	0,205	0,537	0,453	0,041
		i=5			6,49	0,241	0,517	0,480	0,050
		f	8,16	8,57	3,39	0,266	0,879	0,501	0,060
Samanco	Abril	s	8,14	9,01	8,99	0,034	0,200	0,088	0,012
		i=5			8,41	0,025	0,210	0,101	0,012
		f	8,10	8,93	5,24	0,034	0,236	0,123	0,016
	Octubre	s	8,32	8,60	7,34	0,169	1,421	0,184	0,014
		i=5			6,49	0,214	1,452	0,182	0,013
		f	8,16	8,57	3,39	0,254	1,460	0,384	0,036
Tortuga	Abril	s	8,20	8,52	9,42	0,074	0,152	0,091	0,014
		i=5			7,29	0,041	0,118	0,125	0,018
		f	7,98	8,35	5,30	0,059	0,134	0,206	0,025
	Octubre	s	7,36	7,64	6,72	0,248	0,607	0,632	0,025
		i=5			6,09	0,240	0,649	0,689	0,023
		f	7,35	7,60	4,04	0,248	0,760	0,779	0,023
Casma	Abril	s	7,94	8,15	7,40	0,187	0,153	0,222	0,023
		i=5			5,80	0,197	0,092	0,252	0,033
		f	7,76	8,00	3,61	0,192	0,085	0,279	0,038
	Octubre	s	7,86	8,25	6,19	0,273	0,968	0,887	0,023
		i=5			5,47	0,269	1,200	0,962	0,022
		f	7,84	8,19	3,05	0,275	0,924	0,892	0,018
Caleta Culebras	Abril	s	7,98	8,51	9,19	0,250	0,149	0,100	0,005
		i=15			4,04	0,228	0,186	0,294	0,014
		f	7,90	8,11	3,50	0,275	0,293	0,388	0,018
	Octubre	s	7,73	7,97	4,57	0,269	1,095	0,796	0,013
		i=15			2,22	0,256	1,349	0,909	0,012
		f	7,67	7,84	1,17	0,283	1,347	0,899	0,012
Huarmey	Abril	s	8,04	8,48	5,76	0,260	1,311	0,597	0,020
		i=15			3,63	0,262	0,948	0,581	0,043
		f	8,02	8,20	3,28	0,258	0,993	0,588	0,020
	Octubre	s	7,48	7,73	2,53	0,451	1,127	0,763	0,016
		i=15			1,22	0,775	1,241	0,770	0,017
		f	7,52	7,72	0,76	0,370	1,291	0,758	0,015
Promedio anual	i = 5 m				5,59	0,169	0,673	0,467	0,035
					2,78	0,380	0,931	0,639	0,022
					7,90	0,216	0,765	0,545	0,035

Tabla 4.- Promedio de parámetros de agentes contaminantes. Calidad del ambiente marino y costero. Región Áncash, 2012

Año	Lugar	Mes	Nivel s = superficie f = fondo	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	Aceites y Grasa (mg/L)
2012					
Coishco	Abril	s	44,94	0,59	
		f	51,25	...	
	Octubre	s	36,69	0,27	
		f	32,25	...	
El Ferrol	Abril	s	58,00	0,51	
		f	51,65	...	
	Octubre	s	39,65	0,58	
		f	34,00	...	
Samanco	Abril	s	44,05	1,01	
		f	37,65	...	
	Octubre	s	33,40	0,54	
		f	30,45	...	
Tortuga	Abril	s	59,56	0,93	
		f	63,56	...	
	Octubre	s	32,44	0,33	
		f	32,25	...	
Casma	Abril	s	45,94	1,05	
		f	38,25	...	
	Octubre	s	28,63	0,36	
		f	31,56	...	
Caleta Culebras	Abril	s	43,14	0,77	
		f	38,25	...	
	Octubre	s	33,27	0,42	
		f	30,85	...	
Huarney	Abril	s	38,60	0,35	
		f	39,78	...	
	Octubre	s	36,55	0,21	
		f	39,06	...	
		Promedio	s	41,06	0,57
			f	39,34	...

Tabla 5.- Parámetros de agentes microbianos. Calidad del ambiente marino y costero. Región Áncash, 2012

Año	Lugar	Mes	Nivel s = superficie	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100 mL)		Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)		Coliformes totales (NMP/100 mL). Sedimento		Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL). Sedimento	
					Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
2012												
Coishco	Abril	s	3,17	<2	230	<2	230	230	930	<30	430	
												Octubre
El Ferrol	Abril	s	18,15	13	2 400	8	800	73	24 000	230	24 000	
												Octubre
Samanco	Abril	s	7,99	<2	80	<2	50	<30	230	<30	230	
												Octubre
Tortuga	Abril	s	12,41	<2	23	<2	23	...	...	...	...	
												Octubre
Casma	Abril	s	2,63	9	350	9	350	...	...	...	...	
												Octubre
Caleta Culebras	Abril	s	4,32	2	80	2	80	...	...	...	...	
												Octubre
Huarney	Abril	s	2,51	<2	30	<2	30	...	...	...	...	
												Octubre
		Promedio	4,89	...	...	...	...	...	...	...	...	

En el fondo, las concentraciones variaron de 1,99 µM (Samanco, abril) a 18,53 µM (Coishco, octubre). La distribución presentó las concentraciones más altas por los extremos norte y sur del área evaluada y en las inmediaciones de la bahía Tortuga.

**Nitritos (µM)**

En superficie el promedio de nitritos varió de 0,11 µM (caleta Culebras, abril) a 1,66 µM (Coishco, octubre) (Tabla 3). La distribución presentó las concentraciones más altas en la bahía Coishco.

A 5 m de profundidad, la concentración varió entre 0,26 µM (Samanco, abril) y 1,67 µM (Coishco, octubre), a 15 m de profundidad se presentaron concentraciones de 0,26 µM en caleta Culebras (octubre) y 0,94 µM en Huarmey (abril), la distribución de la concentración de nitritos se incrementó de norte a sur en el área evaluada.

En el fondo, las concentraciones más altas se registraron por el extremo norte del área evaluada con valores >1,50 µM; las concentraciones <1,00 µM se registraron en la zona central y sur del área evaluada.

**Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)**

En superficie, el promedio de los sólidos suspendidos variaron de 28,63 mg/L (Casma, octubre) a 59,56 mg/L (Tortuga, abril) (Tabla 4). Las concentraciones más altas se presentaron en abril y las más bajas en octubre. Las bahías El Ferrol, Tortuga y Casma presentaron concentraciones >45,00 mg/L.

En fondo, las concentraciones variaron de 30,45 mg/L (Samanco, octubre) a 63,56 mg/L (Tortuga, abril). La distribución presentó las concentraciones >50,00 mg/L en abril y en la zona norte del área evaluada.

**Aceites y grasa (mg/L)**

En superficie, el promedio de aceites y grasa varió de 0,21 mg/L (Huarmey, octubre) a 1,05 mg/L (Casma, abril) (Tabla 4). Las concentraciones más altas se registraron en las bahías Samanco y Casma con valores >1,00 mg/L, en el extremo sur del área evaluada se localizaron las concentraciones más bajas.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO<sub>5</sub> (mg/L)**

En superficie, el promedio de la demanda bioquímica de oxígeno, DBO<sub>5</sub> varió de 1,89 mg/L (Coishco, octubre) a 18,15 mg/L (El Ferrol, abril) (Tabla 5). Las mayores concentraciones se ubicaron en las bahías El Ferrol y Tortuga (abril), sobrepasando lo permitido (10,00 mg/L) por los Estándares Nacionales de

Calidad Ambiental para el Agua, categoría 4, conservación del ambiente acuático; en el resto del área evaluada se presentaron promedios menores a 10,00 mg/L durante abril y octubre.

**Indicadores de contaminación microbiológica por mar**

En superficie, el promedio de los coliformes totales variaron de <2 a 24000 NMP/100 mL (Tabla 5). Las concentraciones más altas se registraron en las bahías El Ferrol, Tortuga y Casma, sobrepasando lo permitido por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, para la categoría 4; a excepción de las bahías Tortuga en abril y Huarmey en octubre que no sobrepasaron lo permitido (Fig. 7). En los sedimentos se encontraron valores de <30 (Samanco) a 24000 NMP/100 mL (El Ferrol).

En la superficie, el promedio de los coliformes termotolerantes varió de <2 a 24000 NMP/100 mL (Tabla 5). La distribución presentó similar tendencia a lo observado en los coliformes totales (Fig. 8). En los sedimentos se registraron concentraciones que variaron de <30 a 24000 NMP/100 mL, en la bahía El Ferrol se registró el valor más alto.

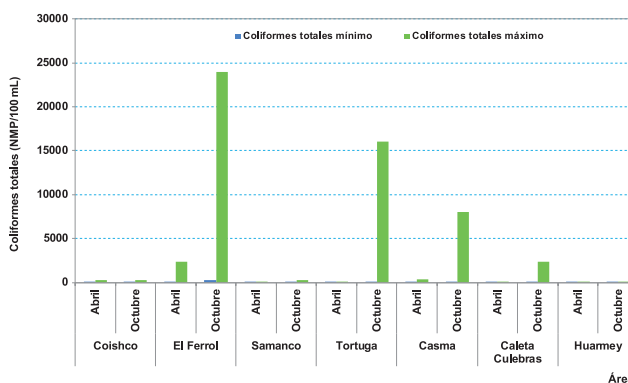


Figura 7.- Variación de coliformes totales (NMP/100 mL). Región Áncash, 2012

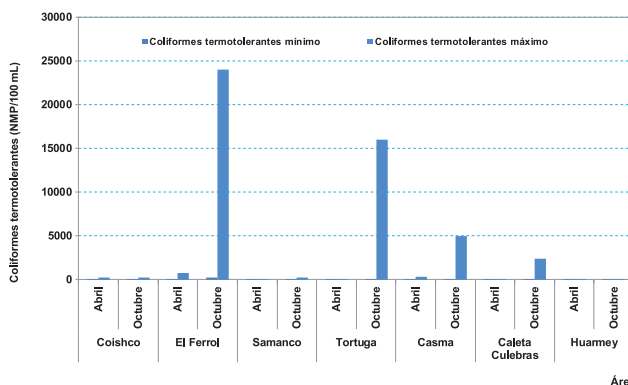


Figura 8.- Variación de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL).

**Identificación y características de la comunidad fitoplanctónica**

El volumen de fitoplancton en superficie varió de 0,08 a 0,61 mL/m<sup>3</sup>, promedio de 0,27 mL/m<sup>3</sup> (Tabla 6). El fitoplancton incrementó su volumen de norte a sur sobre todo cerca del borde costero (Fig. 9).

**Sulfuro de hidrógeno (mg/L)**

En el fondo, las concentraciones de los sulfuros de hidrógeno oscilaron entre 0,0040 y 0,1302 mg/L (Tabla 7).

La distribución de sulfuros presentó valores más altos en la bahía El Ferrol (abril); estas concentraciones sobrepasaron lo permitido (0,06 mg/L) por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4.

**Análisis sedimentológico de Materia Orgánica Total-MOT (%)**

En el sedimento marino, la materia orgánica total (MOT) presentó concentraciones de 1,00% (Casma, octubre) a 7,93% (El Ferrol, octubre) (Tabla 7). Las concentraciones más altas (>3,00%) se registraron desde bahía Coishco hasta Tortuga y muy cerca del borde costero y las concentraciones más bajas se localizaron en la bahía Casma.

**INDICADORES DE CONTAMINACIÓN POR TRAZAS DE METALES PESADOS EN SEDIMENTO MARINO**

**Cadmio (µg/g)**

En el sedimento marino superficial la concentración de cadmio varió de 0,40 a 4,35 µg/g (Tabla 7). Las concentraciones más altas se localizaron en la bahía El Ferrol, el valor promedio (4,21 µg/g) superó lo permitido en la tabla de Protección Costera y Restauración de los EE.UU en su nivel de Probable Nivel de Efecto; en tanto que, en el resto del área evaluada se encontraron concentraciones por debajo de lo permitido (Fig. 10).

**Plomo (µg/g)**

En el sedimento marino superficial las concentraciones variaron de 0,89 a 3,97 µg/g (Tabla 7). Las concentraciones más altas se registraron en la zona norte del área evaluada (Coishco y El Ferrol) con valores >3,00 µg/g. Los valores no sobrepasaron lo estipulado en la Tabla de Protección Costera y Restauración de los EE.UU para el Nivel Umbral (30,24 µg/g) (Fig. 11).

**Manganeso (µg/g)**

En el sedimento marino superficial las concentraciones de manganeso variaron de 200,55 a 270,59 µg/g (Tabla 7). La distribución espacial de manganeso presentó en toda el área evaluada concentraciones >200,00 µg/g; las concentraciones más altas se localizaron en las bahías Coishco, Casma y Huarmey (Fig. 12).

Tabla 6.- Volumen promedio de fitoplancton. Calidad del ambiente marino y costero. Región Áncash, abril 2012

Bahía	Volumen mL/m <sup>3</sup>
Coishco	0,09
El Ferrol	0,08
Samanco	0,16
Tortuga	0,11
Casma	0,44
Caleta Culebras	0,39
Huarmey	0,61
Promedio	0,27

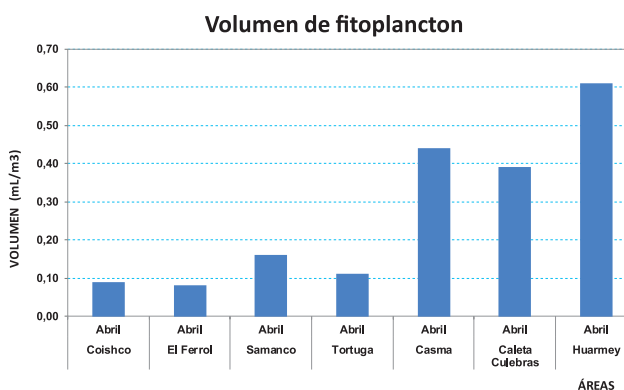


Figura 9.- Variación de volumen de fitoplancton. Región Áncash, 2012

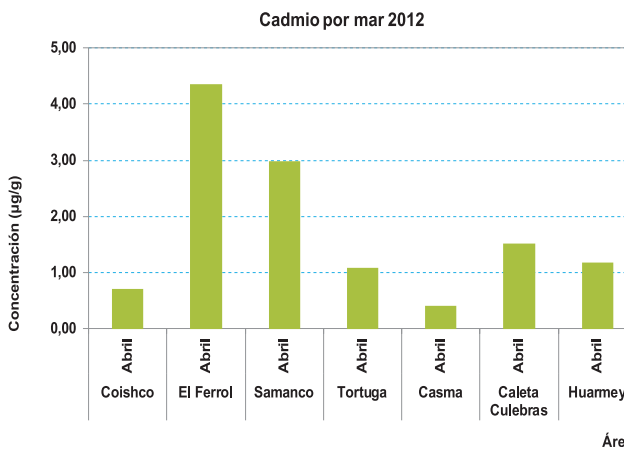


Figura 10.- Variación de cadmio (µg/g). Región Áncash, 2012

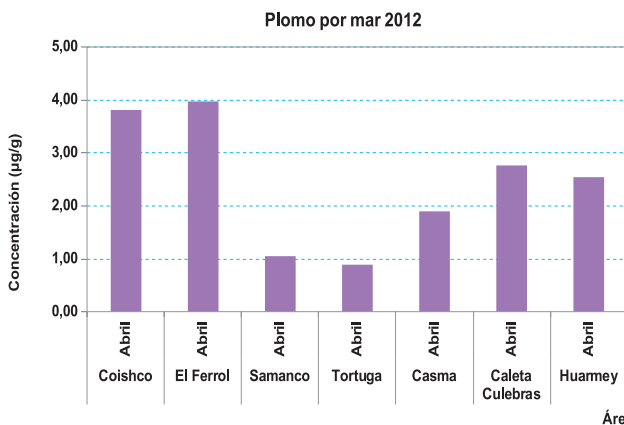


Figura 11.- Variación de plomo (µg/g). Región Áncash, 2012



### Cobre (µg/g)

En el sedimento marino superficial el cobre fluctuó entre 20,43 y 32,74 µg/g (Tabla 7). La bahía El Ferrol presentó valores puntuales que superaron ligeramente el valor estipulado (34,00 µg/g) en la Tabla de Protección Costera y Restauración de los EE.UU para el nivel de Efecto de Rango Bajo; en tanto que, para las otras áreas evaluadas se localizaron valores por debajo de lo permitido (Fig. 13).

### Cinc (µg/g)

Las concentraciones de cinc en el sedimento marino superficial variaron de 85,14 a 144,81 µg/g (Tabla 7). La distribución espacial presentó concentraciones puntuales que superaron 124,0 µg/g, valor estipulado por la Tabla de Protección Costera y Restauración de los EE.UU para su Nivel Umbral, en las bahías El Ferrol, Samanco y Huarmey; en el resto del área evaluada se presentaron concentraciones por debajo de lo permitido (Fig. 14).

Tabla 7.- Promedios de sulfuro, materia orgánica total y traza de metales pesados. Calidad del ambiente marino y costero. Región Áncash, 2012

Año	Lugar	Mes	Nivel f = fondo	Sulfuro de hidrógeno (mg/L)	Materia orgánica total (%)	Cadmio (µg/g)	Plomo (µg/g)	Manganeso (µg/g)	Cobre (µg/g)	Cinc (µg/g)	Fierro (%)
2012	Coishco	Abril	f	0,0071	5,52	0,71	3,81	270,59	28,42	108,03	2,77
		Octubre	f	0,0047	3,86	...	...	...	...	...	...
	El Ferrol	Abril	f	0,1302	7,93	4,35	3,97	204,34	32,74	144,81	2,32
		Octubre	f	0,0042	7,93	...	...	...	...	...	...
	Samanco	Abril	f	0,0085	3,98	2,98	1,05	206,05	23,44	124,16	1,88
		Octubre	f	0,0053	3,63	...	...	...	...	...	...
	Tortuga	Abril	f	0,0093	3,96	1,09	0,89	200,55	20,65	85,14	1,79
		Octubre	f	0,0040	2,81	...	...	...	...	...	...
	Casma	Abril	f	0,0053	1,43	0,40	1,89	255,39	20,43	93,24	2,21
		Octubre	f	0,0054	1,00	...	...	...	...	...	...
	Caleta Culebras	Abril	f	0,0083	2,77	1,52	2,76	213,26	22,91	99,72	2,40
		Octubre	f	0,0068	2,15	...	...	...	...	...	...
	Huarmey	Abril	f	0,0069	2,22	1,17	2,54	232,84	26,74	103,25	2,39
		Octubre	f	0,0103	1,93	...	...	...	...	...	...
		Promedio anual	f	0,0155	3,65	1,75	2,41	226,15	25,05	108,34	2,25

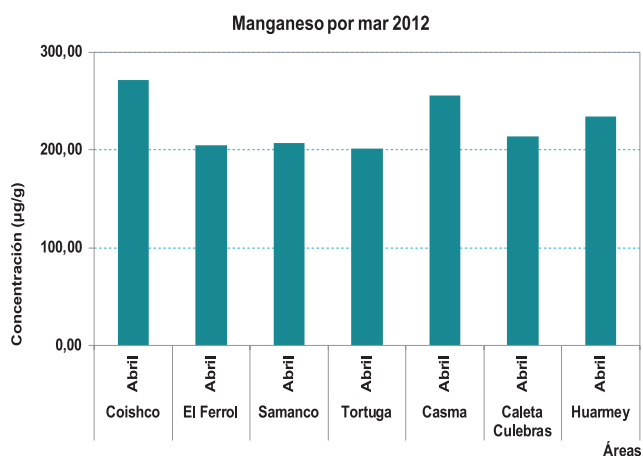


Figura 12.- Variación de manganeso (µg/g). Región Áncash, 2012

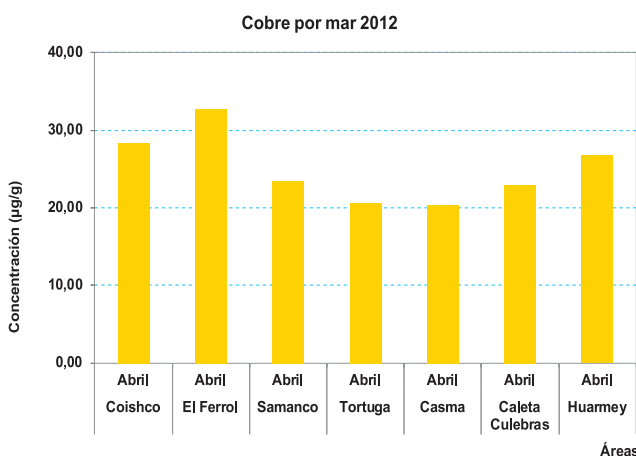


Figura 13.- Variación de cobre (µg/g). Región Áncash, 2012

**Hierro (%)**

En el sedimento marino la concentración de hierro varió de 1,79 a 2,77% (Tabla 7). La distribución espacial presentó concentraciones <2,00% en las bahías Samanco y Tortuga; en el resto del área evaluada se presentaron valores >2,20 % (Fig. 15).

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS POR PLAYAS**

**Temperatura.-** En el litoral marino de la Región Áncash los registros térmicos promedio variaron de 15,3 a 21,4 °C, el promedio anual fue 18,0 °C (Tabla 8). La distribución térmica presentó mayores valores por el borde costero de la zona central en cada una de las bahías evaluadas; los registros térmicos más altos fueron en abril (Fig. 16).

**Salinidad.-** Las concentraciones variaron de 25,893 a 35,189 ups, el promedio anual fue 33,926 ups (Tabla 8). La distribución halina presentó por la parte norte del área evaluada (Coishco y El Ferrol) concentraciones <34,800 ups tanto en abril como en octubre; así mismo, en Puerto Santa se localizó concentraciones próximas a 25,000 ups y en la bahía Casma se localizaron concentraciones <34,800 ups en abril.

En el resto del área evaluada se detectaron concentraciones halinas próximas a 35,000 ups. En las zonas central y norte de las bahías Coishco y El Ferrol se producen mezclas de aguas marinas con aguas domésticas, industriales y continentales, estas condiciones permiten disminuir la salinidad, lo que también ocurre en Samanco y Huarmey, la diferencia no es tan notoria porque la batimetría e intensidad de las corrientes marinas permiten mayor dilución de las aguas mezcladas.

**Oxígeno disuelto.-** La concentración varió de 5,02 a 7,97 mg/L (Tabla 9). Las concentraciones más bajas (<6,00 mg/L) se registraron desde Puerto Santa a El Ferrol en abril y octubre; en Samanco se presentaron en octubre y, en abril se registraron en Huarmey; en el resto del área evaluada se localizaron concentraciones >6,00 mg/L (Fig. 17).

**Potencial de iones hidronio, pH.-** Por playas la concentración mínima fue 7,66 y máxima de 8,74 unidades (Tabla 9). Las concentraciones más bajas se detectaron en el extremo sur del área evaluada (octubre) y en Puerto Santa (abril), las concentraciones altas se detectaron en octubre (>8,00). Se observó que la distribución de pH es impactada por descargas de ríos y aguas de uso doméstico e industrial. Las concentraciones de pH presentaron una relación directa con el oxígeno disuelto.

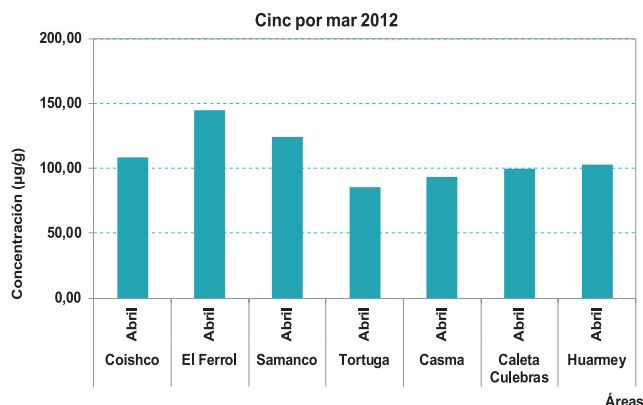


Figura 14.- Variación de cinc (µg/g). Región Áncash, 2012

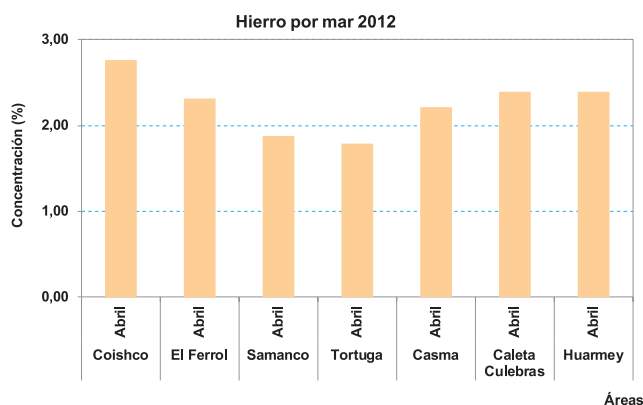


Figura 15.- Variación de hierro (%). Región Áncash, 2012

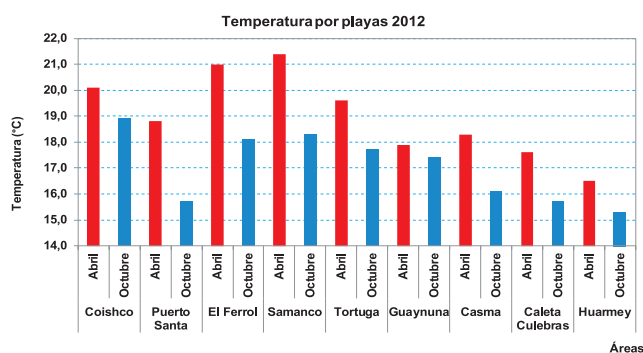


Figura 16.- Variación de temperatura (°C) por playas, Región Áncash, 2012

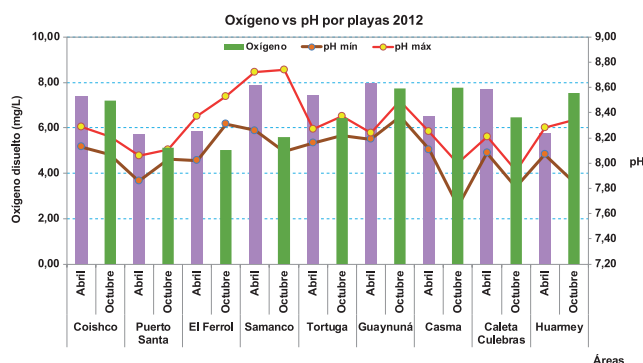


Figura 17.- Variación de oxígeno (mg/L) promedio vs pH por playas. Región Áncash, 2012

Las concentraciones de fosfatos variaron de 2,91 a 8,32  $\mu\text{M}$ , el promedio anual fue 4,21  $\mu\text{M}$  (Tabla 9). Concentraciones  $<4,00 \mu\text{M}$  se registraron desde Samanco hasta Huarmey en abril y octubre; en el resto del área evaluada se localizaron concentraciones  $>4,00 \mu\text{M}$  (Fig. 18).

Las concentraciones de silicatos variaron de 9,06 a 54,63  $\mu\text{M}$ , el promedio anual fue 24,40  $\mu\text{M}$  (Tabla 9). Las concentraciones más altas se localizaron en bahía Coishco

(octubre) y en Puerto Santa (abril); en el resto del área evaluada se localizaron concentraciones  $<35,00 \mu\text{M}$  (Fig. 19).

Tabla 8.- Parámetros físicos superficiales. Calidad ambiental marina y costera. Región Áncash, 2012

Localidad	Mes	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )		Salinidad (ups)
Coishco	Abril	20,1	32,937	
	Octubre	18,9	28,931	
Puerto Santa	Abril	18,8	25,893	
	Octubre	15,7	35,045	
El Ferrol	Abril	21,0	34,736	
	Octubre	18,1	34,661	
Samanco	Abril	21,4	34,945	
	Octubre	18,3	35,189	
Tortuga	Abril	19,6	34,948	
	Octubre	17,7	35,088	
Guaynuma	Abril	17,9	34,953	
	Octubre	17,4	35,083	
Casma	Abril	18,3	33,150	
	Octubre	16,1	35,034	
Caleta Culebras	Abril	17,6	34,991	
	Octubre	15,7	35,083	
Huarmey	Abril	16,5	34,964	
	Octubre	15,3	35,034	
Promedio		18	33,926	

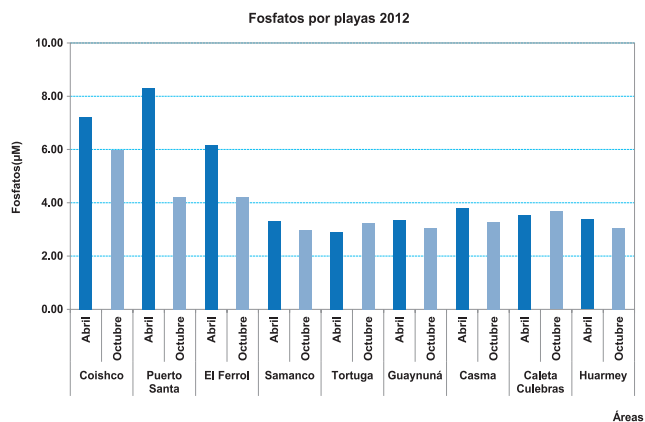


Figura 18.- Variación de fosfatos ( $\mu\text{M}$ ) por playas. Región Áncash, 2012

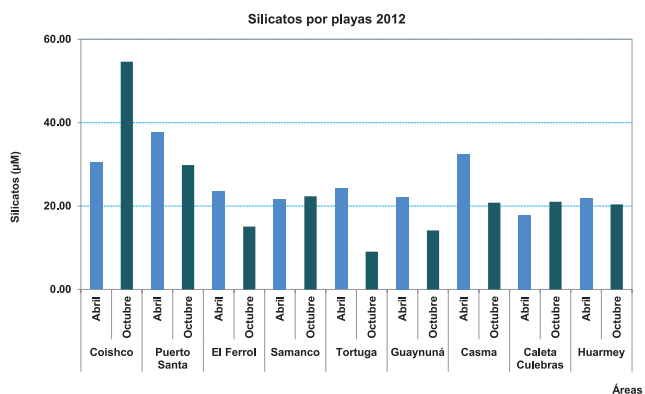


Figura 19. Variación de silicatos ( $\mu\text{M}$ ) por playas. Región Áncash, 2012

Tabla 9.- Parámetros químicos. Calidad ambiental marina y costera. Región Áncash, 2012

Localidad	Mes	pH		Oxígeno (mg/L)	Fosfatos ( $\mu\text{M}$ )	Silicato ( $\mu\text{M}$ )	Nitrato ( $\mu\text{M}$ )	Nitrito ( $\mu\text{M}$ )
		min	máx					
Coishco	Abril	8,13	8,29	7,41	7,23	30,43	7,77	2,43
	Octubre	8,07	8,21	7,20	5,97	54,63	24,06	3,57
Puerto Santa	Abril	7,86	8,06	5,68	8,32	37,66	11,00	2,31
	Octubre	8,03	8,11	5,12	4,22	29,84	19,30	3,36
El Ferrol	Abril	8,02	8,37	5,83	6,18	23,64	2,79	0,76
	Octubre	8,31	8,53	5,02	4,22	15,06	5,23	1,56
Samanco	Abril	8,26	8,72	7,87	3,31	21,636	6,00	0,24
	Octubre	8,09	8,74	5,60	2,98	22,33	3,66	0,44
Tortuga	Abril	8,16	8,27	7,44	2,91	24,22	8,03	0,45
	Octubre	8,22	8,37	6,42	3,25	9,06	6,10	0,85
Guaynuma	Abril	8,19	8,24	7,97	3,35	22,16	9,33	0,67
	Octubre	8,37	8,49	7,72	3,06	14,15	8,84	0,83
Casma	Abril	8,11	8,25	6,48	3,80	32,46	8,32	0,72
	Octubre	7,66	8,00	7,76	3,29	20,79	11,31	1,39
Caleta Culebras	Abril	8,08	8,21	7,68	3,53	17,78	6,77	0,61
	Octubre	7,81	7,94	6,47	3,67	21,02	15,20	0,60
Huarmey	Abril	8,07	8,28	5,77	3,37	21,89	6,93	0,42
	Octubre	7,85	8,34	7,55	3,06	20,41	15,99	0,27
Promedio				6,72	4,21	24,40	9,81	1,19

Las concentraciones de nitratos variaron de 2,79 a 24,06 µM, el promedio anual fue 9,81 µM (Tabla 9). Las concentraciones más altas se localizaron en bahía Coishco y en Puerto Santa (octubre); en el resto del área evaluada se localizaron concentraciones <16,00 µM (Fig. 20).

Las concentraciones de nitritos oscilaron entre 0,24 y 3,57 µM, el promedio anual fue 1,19 µM (Tabla 9). Las concentraciones >2,00 µM se registraron desde Coishco hasta Puerto Santa (abril, octubre); en el resto del área evaluada se localizaron concentraciones <1,80 µM.

Los sólidos suspendidos totales variaron de 25,63 a 77,43 mg/L, el promedio anual fue 44,22 mg/L (Tabla 10). Concentraciones >60,00 mg/L se localizaron en la bahía Coishco (abril, octubre), en Puerto Santa (abril) y El Ferrol (octubre); en el resto del área evaluada se localizaron las concentraciones <60,00 mg/L.

Las concentraciones de aceites y grasa variaron de 0,20 a 1,61 mg/L, con promedio anual de 0,79 mg/L (Tabla 10). Las concentraciones mayores a 1,00 mg/L se localizaron en Puerto Santa, Tortuga y Guaynuma (octubre) y en las bahías El Ferrol y Huarmey (abril); en el resto del área evaluada se presentaron concentraciones <1,00 mg/L en abril y octubre.

Las concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub> varió de 1,49 a 4,90 mg/L, el promedio anual fue 2,72 mg/L (Tabla 11). Las concentraciones más altas se detectaron en bahía Samanco, con valores >4,00 mg/L, las que no sobrepasaron lo permitido (10,00 mg/L) por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, la categoría 4.

Los indicadores de contaminación microbiana como son los coliformes totales superficiales variaron de <2 a 34.000 NMP/100 mL (Tabla 11), las concentraciones puntuales > a 3000 NMP/100 mL sobrepasaron lo permitido (<3000 NMP/100 mL) por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, categoría 4, conservación del ambiente acuático.

Los coliformes termotolerantes superficiales variaron de <2 a 27.000 NMP/100 mL (Tabla 11). Las concentraciones puntuales >2000 NMP/100 mL sobrepasaron lo permitido por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, categoría 4: conservación del ambiente acuático.

En fondo, los sulfuros de hidrógeno variaron de 0,0046 a 0,0279 mg/L, el promedio anual fue 0,0117 mg/L (Tabla 12). Las concentraciones >0,0200 mg/L se localizaron en las bahías Coishco (octubre) y El Ferrol (abril); en el resto del área evaluada fueron <0,0200

mg/L. Las concentraciones no sobrepasaron lo permitido (0,0600 mg/L) por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, categoría 4.

En el sedimento marino superficial la materia orgánica total varió de 0,15 a 1,60%, con promedio anual 0,74% (Tabla 12). La concentraciones más bajas se registraron en octubre y las más altas en abril. La textura del sedimento fue arena fina y sin olor a sulfuros.

En fondo, la concentración de cadmio varió de 0,04 a 0,88 µg/g, con promedio de 0,32 µg/g (Tabla 12). Las concentraciones más altas se registraron en las bahías El Ferrol y Casma con valores >0,60 µg/g. En el área evaluada se encontraron valores por debajo de lo permitido (4,21 µg/g) de la tabla de Protección Costera y Restauración de los EE.UU en su nivel de Probable Nivel de Efecto.

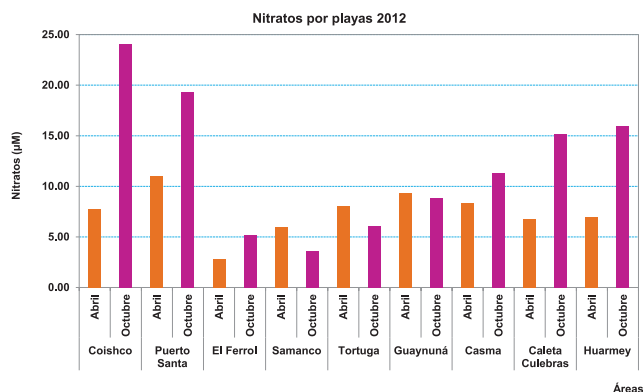


Figura 20.- Variación de nitratos (µM) por playas. Región Ancash, 2012

Tabla 10.- Parámetros de agentes contaminantes. Calidad ambiental marina y costera. Región Ancash, 2012

Localidad	Mes	Sólidos suspendidos (mg/L)	Aceites y grasas (mg/L)
Coishco	Abril	75,00	0,73
	Octubre	66,17	0,93
Puerto Santa	Abril	64,25	0,65
	Octubre	27,75	1,10
El Ferrol	Abril	53,43	1,61
	Octubre	77,43	0,90
Samanco	Abril	45,88	1,08
	Octubre	34,69	0,64
Tortuga	Abril	36,60	0,58
	Octubre	37,20	1,24
Guaynuma	Abril	28,13	0,65
	Octubre	38,25	1,13
Casma	Abril	55,40	0,42
	Octubre	32,90	0,62
Caleta	Abril	33,20	0,30
Culebras	Octubre	27,00	0,22
	Abril	37,00	1,13
Huarmey	Abril	25,63	0,20
	Octubre	25,63	0,20
Promedio		44,22	0,79



En fondo, la concentración de plomo varió de 0,27 a 2,32  $\mu\text{g/g}$ , con promedio de 1,42  $\mu\text{g/g}$  (Tabla 12). La concentración más alta se registró en bahía Casma y caleta Culebras con valores  $>2,00 \mu\text{g/g}$ ; en el resto del

área evaluada se encontraron concentraciones  $<2,00 \mu\text{g/g}$ . Estos valores no sobrepasaron (30,24  $\mu\text{g/g}$ ) el valor estipulado en la Tabla de Protección Costera y Restauración de los EE.UU para el Nivel Umbral.

Tabla 11.- Parámetros de agentes microbianos. Calidad del ambiente marino y costero por playas. Región Áncash, 2012

Localidad	Mes	DBO5 (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100mL)		Coliformes totales termotolerantes (NMP/100mL)	
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Coishco	Abril	2,51	11	240	8	240
	Octubre	2,96	230	2400	230	2400
Puerto Santa	Abril	3,13	80	240	80	240
	Octubre	3,38	4	2400	4	2400
El Ferrol	Abril	3,37	22	8000	9	8000
	Octubre	2,81	140	34000	140	27000
Samanco	Abril	4,90	$<2$	30	$<2$	30
	Octubre	4,01	130	3000	130	3000
Tortuga	Abril	2,50	$<2$	7	$<2$	7
	Octubre	2,64	2	230	2	230
Guaynuma	Abril	2,31	$<2$	23	$<2$	23
	Octubre	2,76	$<2$	13	$<2$	13
Casma	Abril	2,38	4	23	4	23
	Octubre	1,75	$<2$	$<2$	$<2$	$<2$
Caleta Culebras	Abril	2,17	$<2$	240	$<2$	240
	Octubre	1,49	8	23000	8	23000
Huarmey	Abril	2,05	$<2$	13	$<2$	13
	Octubre	1,76	$<2$	13	$<2$	13
Promedio		2,72				

Tabla 12.- Parámetros de sulfuro de hidrógeno, materia orgánica total, trazas de metales por playas. Calidad del ambiente marino y costero. Región Áncash, 2012

Localidad	Mes	Sulfuro de hidrógeno							
		MOT (%)	Cadmio ( $\mu\text{g/g}$ )	Plomo ( $\mu\text{g/g}$ )	Manganeso ( $\mu\text{g/g}$ )	Cobre ( $\mu\text{g/g}$ )	Cinc ( $\mu\text{g/g}$ )	Fierro (%)	
Coishco	Abril	0,0103	1,44	0,13	1,91	377,27	21,71	82,44	2,68
	Octubre	0,0279	0,48						
Puerto Santa	Abril	0,0099	1,60	0,04	1,84	507,78	21,22	87,48	3,38
	Octubre	0,0075	0,15						
El Ferrol	Abril	0,0266	0,82	0,65	1,84	218,93	26,67	131,95	1,66
	Octubre	0,0183	0,59						
Samanco	Abril	0,0089	0,98	0,13	0,88	248,61	21,95	73,19	2,29
	Octubre	0,0125	0,66						
Tortuga	Abril	0,0075	1,14	0,15	0,53	231,98	22,73	77,33	2,23
	Octubre	0,0081	0,49						
Guaynuma	Abril	0,0101	1,12	0,17	0,27	168,68	21,83	75,04	1,21
	Octubre	0,0046	0,55						
Casma	Abril	0,0140	0,66	0,88	2,15	211,56	24,03	151,221	1,56
	Octubre	0,0050	0,48						
Caleta Culebras	Abril	0,0122	0,48	0,39	2,32	215,90	21,81	78,25	2,20
	Octubre	0,0075	0,34						
Huarmey	Abril	0,0085	0,75	0,32	1,07	235,21	23,64	91,92	2,20
	Octubre	0,0116	0,57						
Promedio		0,0117	0,74	0,32	1,42	268,43	22,84	94,31	2,15

En fondo, la concentración de manganeso osciló entre 168,68 y 507,78 µg/g, con promedio de 268,43 µg/g (Tabla 12). Mayores concentraciones a 300,00 µg/g se registraron en bahía Coishco y Puerto Santa, en el resto del área evaluada fueron <250,00 µg/g.

En fondo, la concentración de cobre varió de 21,22 a 26,67 µg/g, con promedio de 22,84 µg/g (Tabla 12). Las concentraciones registradas fueron >20,00 µg/g, pero estuvieron por debajo de lo estipulado (34,00 µg/g) en la Tabla de Protección Costera y Restauración de los EE.UU para el nivel de Efecto de Rango Bajo.

Las concentraciones promedio de cinc fluctuaron entre 73,19 y 151,21 µg/g, con promedio de 94,31 µg/g (Tabla 12). Se detectó concentraciones puntuales >124,0 µg/g en las bahías El Ferrol y Casma, valores mayores a lo establecido en la Tabla de Protección Costera y Restauración de los EE.UU para el Nivel Umbral.

La concentración promedio de hierro total fluctuó entre 1,21 y 3,38%, con promedio de 2,15% (Tabla 12). La distribución presentó en la mayor parte del área evaluada concentraciones >2,00%, a excepción de las bahías El Ferrol, Guaynuma y Casma donde se registró valores <2,00%.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS POR RÍOS DE LA REGIÓN ÁNCASH**

En la cuenca baja de los ríos de la Región Áncash, la temperatura promedio fluctuó entre 19,2 a 26,3 °C, el promedio fue 22,7 °C (Tabla 13). La distribución térmica presentó los registros más bajos en los ríos Samanco y Culebras (octubre), en el resto de ríos se presentaron valores térmicos >20,0 °C, en áreas muy someras (abril, octubre).

El oxígeno disuelto fluctuó entre 0,20 y 10,17 mg/L, el promedio fue 6,92 mg/L (Tabla 14). Las concentraciones <6,00 mg/L se localizaron en los ríos Samanco y Culebras; en el resto de ríos evaluados fueron >6,00 mg/L (Fig. 21).

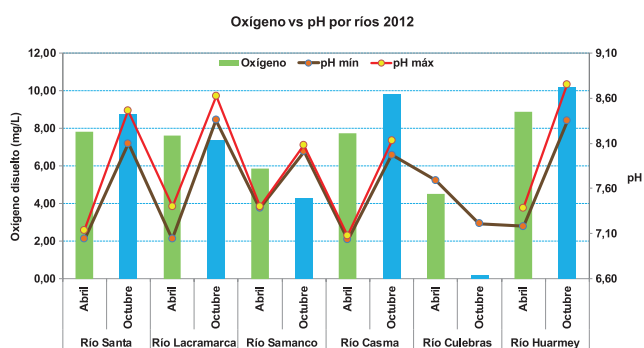


Figura 21.- Variación de oxígeno (mg/L) por ríos. Región Áncash, 2012

El potencial de iones de hidronio (pH) varió entre 7,03 (río Casma, abril) y 8,75 (río Huarmey, octubre) (Tabla 14), se observó que las concentraciones de pH presentaron relación directa con el oxígeno disuelto.

Las concentraciones de fosfatos en las cuencas de los ríos fluctuaron entre 0,84 y 20,73 µM, promedio 3,90 µM (Tabla 14). La concentración más alta se registró en el río Santa (abril) y la más baja en los ríos Culebras y Huarmey (abril), concentraciones <5,00 µM se localizaron en el resto del área evaluada.

Los silicatos variaron de 37,50 a 237,71 µM, promedio 129,39 µM (Tabla 14). Las mayores concentraciones se registraron en octubre y las menores en abril.

Los nitratos presentaron concentraciones de 3,23 a 70,09 µM, promedio 19,67 µM (Tabla 14). La concentración >40,00 µM se registró en el río Lacramarca (abril, octubre); en el resto del área evaluada se presentaron concentraciones <25,00 µM.

Los nitritos variaron entre 0,06 y 6,38 µM, promedio 1,08 µM (Tabla 14). La concentración más alta se registró en el río Santa (abril); las concentraciones <2,50 µM se encontraron en el resto del área evaluada, tanto en abril como en octubre.

Los sólidos suspendidos totales variaron de 24,30 mg/L en el río Huarmey (octubre) a 411,10 mg/L en el río Santa (abril), promedio 106,65 mg/L (Tabla 15). Las concentraciones >200,00 mg/L se encontraron en los ríos Santa y Casma; en el resto del área evaluada se localizaron concentraciones <150,00 mg/L.

Los aceites y grasa presentaron concentraciones que variaron de 0,14 mg/L en el río Huarmey (octubre) a 5,10 mg/L en el río Culebras (octubre), promedio de 1,01 mg/L (Tabla 15). En la mayor parte del área evaluada se localizaron concentraciones <1,50 mg/L.

Tabla 13.- Parámetros físicos de ríos. Calidad ambiental marino costero. Región Áncash, 2012

Año	Lugar	Mes	Nivel s = superficie	Temperatura (°C)
2012	Río Santa	Abril	s	22,8
		Octubre	s	21,5
	Río Lacramarca	Abril	s	25,1
		Octubre	s	23,5
	Río Samanco	Abril	s	23,8
		Octubre	s	19,8
	Río Casma	Abril	s	23,2
		Octubre	s	26,3
	Río Culebras	Abril	s	21,4
		Octubre	s	19,2
	Río Huarmey	Abril	s	23,4
		Octubre	s	22,0
	Promedio		s	22,7

Tabla 14.- Parámetros químicos de ríos. Calidad ambiental marino costero. Región Áncash, 2012

Localidad (ríos)	Mes	pH		Oxígeno mg/L	Fosfatos (µM)	Silicatos (µM)	Nitratos (µM)	Nitritos (µM)
		min	max					
Santa	Abril	7,04	7,14	7,81	20,73	37,50	7,79	6,38
	Octubre	8,10	8,46	8,76	2,31	127,68	22,47	0,57
Lacramarca	Abril	7,04	7,40	7,63	3,41	61,20	70,09	1,43
	Octubre	8,36	8,62	7,37	5,00	197,89	48,41	2,21
Samanco	Abril	7,38	7,40	5,85	3,34	97,28	7,31	0,21
	Octubre	8,01	8,08	4,27	2,57	237,71	7,08	0,52
Casma	Abril	7,03	7,08	7,73	2,59	38,83	20,92	0,51
	Octubre	7,97	8,13	9,83	1,34	194,08	10,88	0,42
Culebras	Abril	7,69		4,52	0,84	73,40	15,64	0,06
	Octubre	7,21		0,20	1,51	177,92	3,77	0,07
Huarmey	Abril	7,15	7,38	8,86	1,47	84,53	18,42	0,35
	Octubre	8,35	8,75	10,17	1,67	224,67	3,23	0,17
Promedio				6,92	3,90	129,39	19,67	1,08

Tabla 15.- Parámetros de agentes contaminantes en ríos. Calidad ambiental marino costera. Región Áncash, 2012

Localidad (ríos)	Mes	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Aceites y grasas (mg/L)
Santa	Abril	411,10	0,82
	Octubre	84,90	0,94
Lacramarca	Abril	114,70	0,80
	Octubre	80,40	1,30
Samanco	Abril	30,25	1,05
	Octubre	30,45	0,30
Casma	Abril	233,60	0,68
	Octubre	28,00	0,16
Culebras	Abril	58,50	0,30
	Octubre	69,50	5,10
Huarmey	Abril	116,10	0,52
	Octubre	24,30	0,14
Promedio		106,65	1,01

La demanda bioquímica de oxígeno varió de 1,85 a 8,42 mg/L, promedio 3,64 mg/L (Tabla 16). Las concentraciones promedio no superaron lo establecido (<10,00 mg/L) en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, categoría 4.

Los indicadores de contaminación microbiana como coliformes totales, variaron de 30 a 240.000 NMP/100 mL (Tabla 16). Se registraron concentraciones puntuales >3.000 NMP/100 mL que superaron lo establecido (3.000 NMP/100 mL) en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, categoría 4.

Los coliformes termotolerantes presentaron concentraciones de 30 a 240.000 NMP/100 mL (Tabla 16). Las concentraciones puntuales >2.000 NMP/100 mL superaron lo permitido (2000 NMP/100 mL) en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, categoría 4.

En el sedimento de río la materia orgánica total presentó concentraciones que fluctuaron entre 1,02% (río Culebras, abril) a 4,08% (río Culebras, octubre) (Tabla 17).

En la mayor parte del área evaluada la textura del sedimento fue arena fina con fango y sin olor a sulfuros.

La concentración de cadmio varió de 0,35 a 2,65 µg/g, promedio 0,93 µg/g (Tabla 17). La concentración más alta se registró en el río Huarmey localizado al extremo sur del área evaluada; en el resto del área evaluada se localizaron concentraciones <1,00 µg/g (Fig. 22).

La concentración de plomo fluctuó entre 0,69 y 3,99 µg/g, promedio 2,22 µg/g (Tabla 17). Las concentraciones más altas se registraron en los extremos norte y sur del área evaluada, en los ríos Santa y Huarmey; la concentración más baja se presentó en el río Culebras (Fig. 23).

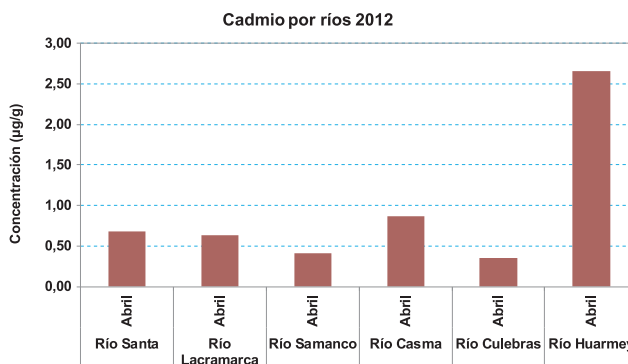


Figura 22.- Variación de cadmio (µg/g) por ríos. Región Áncash, 2012

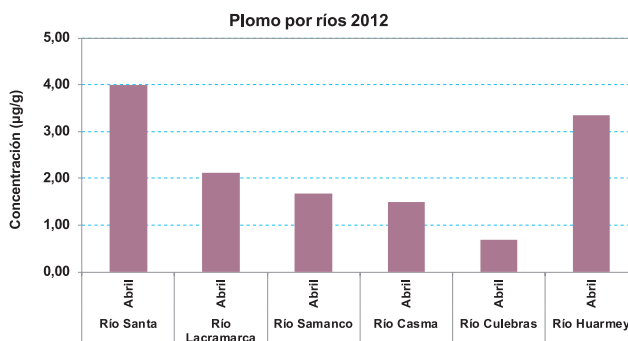


Figura 23.- Variación de plomo (µg/g) por ríos. Región Áncash, 2012

Tabla 16.- Parámetros de agentes microbianos en ríos. Calidad ambiental marino costera. Región Áncash, 2012

Localidad (ríos)	Mes	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100 mL)		Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	
			min	Max	min	Max
Santa	Abril	4,40	350	1600	350	1600
	Octubre	2,77	8000	23000	8000	23000
Lacramarca	Abril	2,94	16000	16000	16000	16000
	Octubre	8,42	22000	240000	2400	240000
Samanco	Abril	2,62	900	5000	500	900
	Octubre	3,26	1300	9000	1300	9000
Casma	Abril	1,85	240	240	240	240
	Octubre	5,19	2300	23000	2300	23000
Culebras	Abril	4,90	30		30	
	Octubre	3,20	23000		23000	
Huarmey	Abril	1,85	30	1400	30	1400
	Octubre	2,31	50	16000	50	16000
Promedio		3,64				

Tabla 17.- Materia orgánica y trazas de metales en ríos. Calidad ambiental marino costera. Región Áncash, 2012

Localidad (ríos)	Mes	Materia orgánica (%)	Cadmio (µg/g)	Plomo (µg/g)	Manganeso (µg/g)	Cobre (µg/g)	Cinc (µg/g)	Fierro (%)
Santa	Abril	1,42	0,68	3,99	208,71	26,18	113,69	1,88
	Octubre	1,85						
Lacramarca	Abril	1,56	0,64	2,11	225,23	22,57	126,77	1,92
	Octubre	1,70						
Samanco	Abril	4,01	0,41	1,67	357,66	30,54	72,68	2,37
	Octubre	2,40						
Casma	Abril	1,23	0,87	1,49	215,25	29,08	132,77	2,07
	Octubre	1,05						
Culebras	Abril	1,02	0,35	0,69	254,72	28,18	85,33	2,23
	Octubre	4,08						
Huarmey	Abril	1,80	2,65	3,35	242,15	33,46	168,26	2,36
	Octubre	1,19						
Promedio		1,94	0,93	2,22	250,62	28,33	116,58	2,14

Tabla 18.- Desembarque de la pesquería pelágica. Región Áncash, 2012

N. comun	Especies N. científico	Desembarque (t) según meses												Año 2012	
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	t	%
Anchoveta	<i>Engraulis ringens</i>	102 879,415	7 597,820	19 123,395	9 531,876	265 551,212	319 180,978	252 051,089	12 983,679	23 366,042	20 146,458	18 375,639	21 155,820	1 071 943,423	94,48
Jurel	<i>Trachurus murphyi</i>	19 649,543	2 431,627	6 613,464	30 306,572	12,862								59 014,068	5,20
Caballa	<i>Scomber japonicus peruanus</i>	2 070,676	263,598		349,987	161,500	160,775	20,890				1,127		3 028,553	0,27
Bonito	<i>Sarda chiliensis chiliensis</i>				304,584		0,656							305,240	0,03
Malagua	<i>Chrysaora plocamia</i>				10,084	105,148	5,050							120,282	0,01
Múñida	<i>Pleuroncomdes monodon</i>	4,866		2,522	2,459		1,390	22,020	1,671	4,305	0,020			39,253	0,00
Jurel fino	<i>Decapterus macrerosoma</i>					6,088	25,421							31,509	0,00
Agujilla	<i>Hemirhamphus saltator</i>						18,828							18,828	0,00
Samasa	<i>Anchoa nasus</i>		0,078				14,754					3,438		18,270	0,00
Merluza	<i>Merluccius gayi peruanus</i>					0,470	2,399	5,345		8,015				16,229	0,00
Bagre	<i>Galeichthys sp.</i>				0,111		0,194	5,075	0,085					5,465	0,00
Lorna	<i>Sciaena deliciosa</i>					0,262				4,510				4,772	0,00
Melva	<i>Auxis rochei</i>		4,576											4,576	0,00
Pejerrey	<i>Odontesthes regia regia</i>		0,232		0,030	0,701	0,689							1,652	0,00
Calamar	<i>Loligo gahi</i>								0,054					0,054	0,00
Mojarrilla	<i>Stellifer minor</i>						0,032							0,032	0,00
Tamborin oceanico	<i>Lagocephalus lagocephalus</i>					0,0003								0,0003	0,00
<b>Total</b>		<b>124 604,500</b>	<b>10 297,931</b>	<b>25 739,381</b>	<b>40 505,703</b>	<b>265 838,243</b>	<b>319 411,166</b>	<b>252 104,419</b>	<b>12 985,489</b>	<b>23 382,872</b>	<b>20 146,478</b>	<b>18 380,204</b>	<b>21 155,820</b>	<b>1 134 552,206</b>	<b>100,00</b>
<b>%</b>		<b>10,98</b>	<b>0,91</b>	<b>2,27</b>	<b>3,57</b>	<b>23,43</b>	<b>28,15</b>	<b>22,22</b>	<b>1,14</b>	<b>2,06</b>	<b>1,78</b>	<b>1,62</b>	<b>1,86</b>	<b>100,00</b>	



La concentración de manganeso varió entre 208,71 y 357,66 µg/g, promedio 250,62 µg/g (Tabla 17). La concentración más alta se registró en el río Samanco; en el resto del área evaluada se encontraron concentraciones <300,00 µg/g (Fig. 24).

La concentración de cobre varió de 22,57 a 33,46 µg/g, promedio 28,33 µg/g (Tabla 17). En los ríos Santa y Lacramarca se registraron concentraciones <27,00 µg/g; en el resto del área evaluada se registraron concentraciones >28,00 µg/g (Fig. 25).

La concentración de cinc fluctuó entre 72,68 y 168,26 µg/g, promedio 116,58 µg/g (Tabla 17). La concentración más alta se presentó en el río Huarmey; en el resto del área evaluada se registró concentraciones <140,00 µg/g (Fig. 26).

La concentración de hierro varió de 1,88 a 2,37%, promedio 2,14% (Tabla 17). La concentración con valores >2,99% se registró en los ríos Samanco, Casma, Culebras y Huarmey, en los ríos Santa y Lacramarca fueron <1,95% (Fig. 27).

**DESEMBARQUE DE LA PESQUERÍA ARTESANAL**

En los muelles artesanales de la Región Áncash, durante el 2012, se desembarcó 26.294 t de recursos hidrobiológicos; Chimbote aportó el 66,95%, El Dorado 5,93%, Samanco 3,67%, Casma 4,23%, Culebras 12,90% y Huarmey 6,32%; el desembarque estuvo compuesto por 111 especies: 88 del grupo de peces, 22 de invertebrados, 1 de algas y 7 incidentales; las especies más representativas fueron anchoveta (*Engraulis ringens*) (15.153 t), pejerrey (*Odontesthes regia*) (4.389 t), perico (*Coryphaena hippurus*) 1.638 t, lorna (*Sciaena deliciosa*) (863 t) y calamar (*Doryteuthis gahi*) con 629 t (Fig. 28a).

En total se reportó 1.117 embarcaciones, que efectuaron 43.222 viajes en el año, estuvieron constituidas por 384 chalanas, 442 botes, 246 lanchas y 45 balsas (Fig. 28b).

Las especies costeras de la pesca artesanal (peces e invertebrados) se capturaron mayormente en Coishco (Isla Santa), Samanco (Anconcillo, Isla Redonda, la Boquita, Mar Brava, Boyas Dorado, Zamora y el Grillo), Huarmey (Tamborero, las Zorra y Playuelas), Chimbote (Hueco la Vela, la Pampa, Punta Gorda y 27 de Octubre), El Dorado (Pampa y el Inca) y Casma (el Huaro, Cajero e Isla Blanca), lugares que aportaron el 58% de la pesca en el área de estudio (Fig. 29).

**DESEMBARQUE DE LA PESQUERÍA PELÁGICA**

En el 2012, en la Región Áncash se desembarcó 1'134.552,206 t de recursos pelágicos, principalmente en Chimbote (65,78%), Coishco (23,24%), Samanco y Huarmey (Tabla 18).

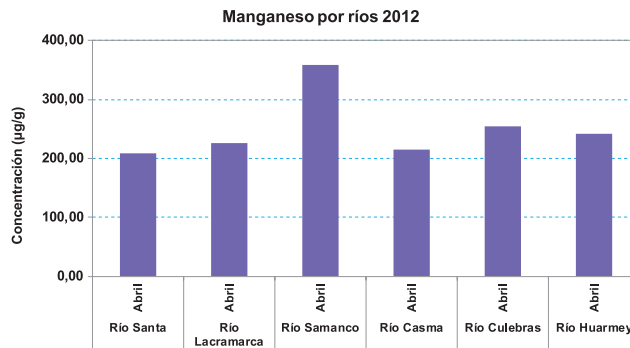


Figura 24.- Variación de manganeso (µg/g) por ríos. Región Áncash – 2012.

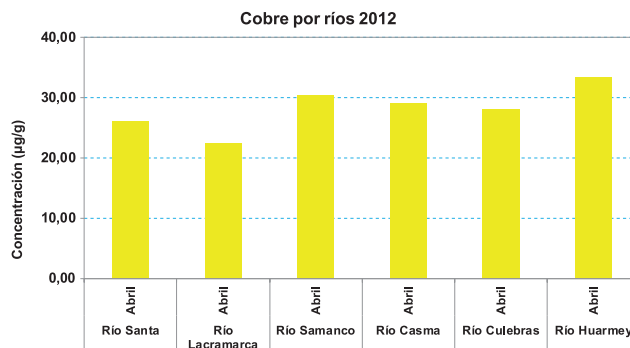


Figura 25.- Variación de cobre (µg/g) por ríos. Región Áncash, 2012

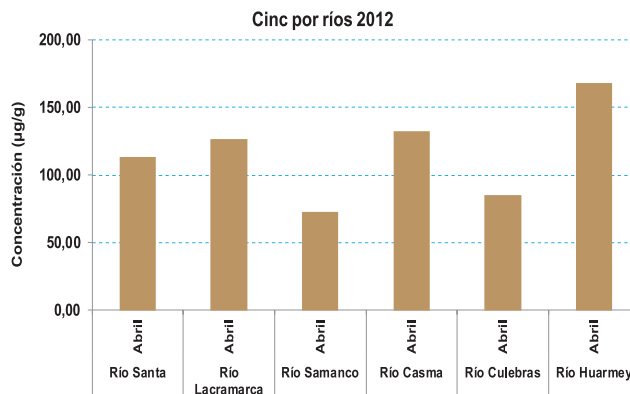


Figura 26.- Variación de cinc (µg/g) por ríos. Región Áncash, 2012

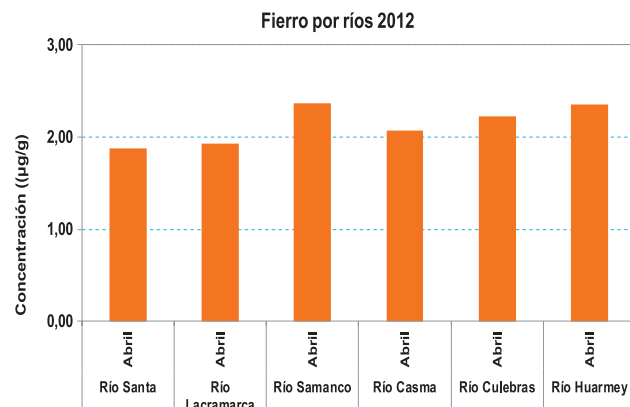


Figura 27.- Variación de hierro (%) por ríos. Región Áncash, 2012

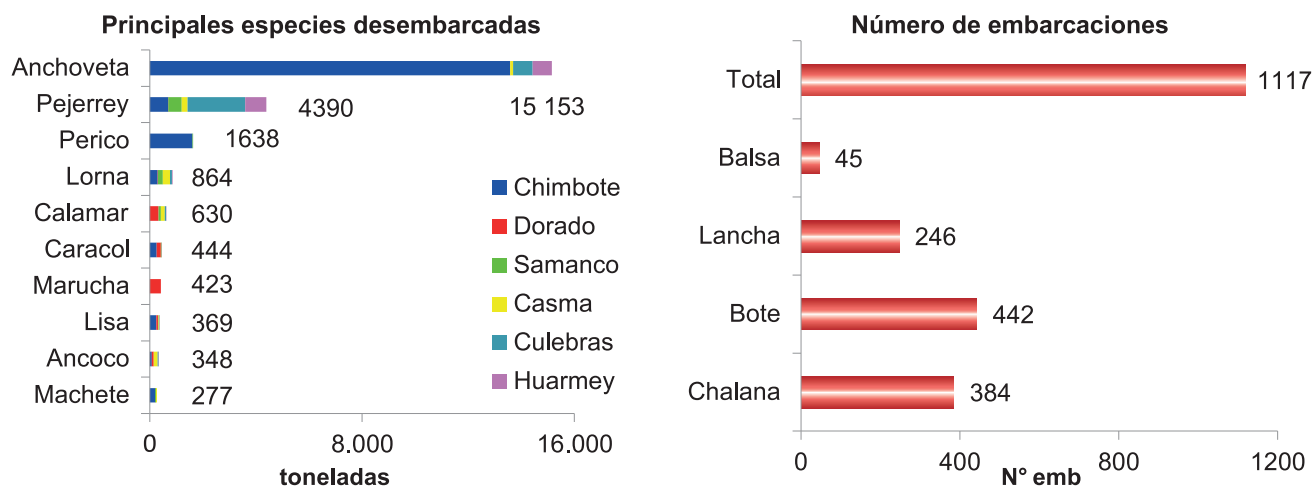


Figura 28.- Pesquería artesanal: desembarques por especies y número de embarcaciones. Región Áncash, 2012

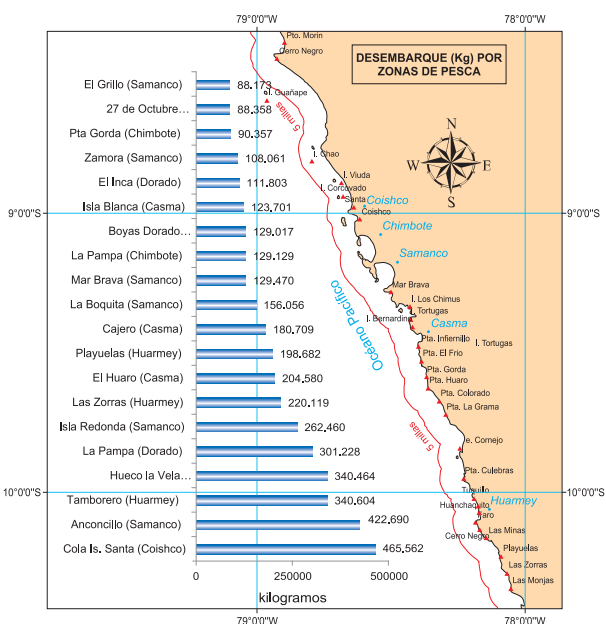


Figura 29.- Áreas de distribución y concentración de recursos costeros.

Se identificaron 14 especies de peces y 3 de invertebrados marinos; destacó anchoveta (94,48%), jurel (5,20%), caballa (0,274%), bonito (0,03%), samasa y otras especies que representaron el 0,02%. Ese año también se registraron especies de peces de aguas cálidas como merluza, jurel fino y agujilla, además de invertebrados marinos (malagua y munida).

La anchoveta se registró desde islas Lobos de Afuera hasta Cañete dentro de las 80 mn de la costa, las mayores capturas se produjeron desde Punta Guañape hasta Casma. La distribución del jurel fue desde Végueta hasta Nazca de 20 a 150 mn de la costa y las mayores capturas se efectuaron frente a bahía Independencia. La caballa fue localizada desde Casma hasta Nazca de 10 a 140 mn de la costa, las mayores concentraciones se ubicaron frente a Chancay, Callao y bahía Independencia (Fig. 30).

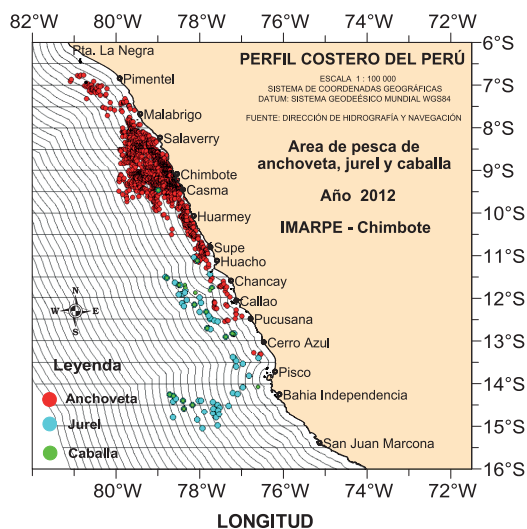
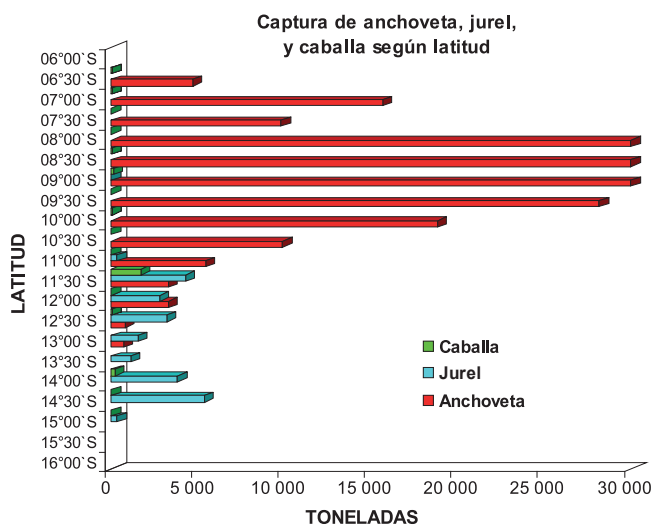


Figura 30.- Área de pesca de anchoveta: captura y latitud. Región Áncash, 2012

#### 4. DISCUSIÓN

En el ecosistema marino y costero de la Región Áncash, las condiciones ambientales presentaron un comportamiento ligeramente cálido en abril 2012 con anomalías positivas hasta 3,2 °C en comparación a junio 2011; en octubre 2012 presentó comportamiento frío con anomalías que variaron entre -2,8 a -4,2 °C comparado con abril 2012 y con noviembre-diciembre 2011, estas anomalías oscilaron entre -0,7 y 1,3 °C (GARCÍA et al. 2011, 2012).

Durante la evaluación, se localizaron valores termo-halinos propios de mezcla de Aguas Costeras Frías (ACF) y Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). En superficie y muy próxima a la costa, se observó influencia de las descargas continentales de los ríos Santa, Lacramarca, Casma y Huarmey, además de los vertidos antropogénicos de aguas servidas domésticas e industriales.

Las corrientes marinas presentaron desplazamientos de masas de agua con características y variaciones locales propias en las bahías El Ferrol, Samanco y Tortuga, que por presentar forma de media luna no permiten una rápida depuración y recambio de sus masas de agua, formando, en algunos casos (El Ferrol y Samanco), movimientos anticiclónicos; en tanto que, en las bahías Coishco, Casma, Huarmey y caleta Culebras se observaron desplazamientos con dirección sur siguiendo la línea de costa. Estas variaciones locales influyen significativamente en el comportamiento oceanográfico; tal es así que, en áreas someras el proceso de circulación y evaporación incrementa la temperatura y salinidad principalmente.

El oxígeno influye en los recursos que sustentan las diversas pesquerías, reflejándose en una mejor relación recurso-ambiente. Las concentraciones altas de oxígeno registradas en la Bahía de Samanco y El Ferrol son producto de variaciones locales del proceso fotosintético. En abril el oxígeno disuelto superficial promedio presentó concentraciones mayores de 5,00 mg/L, a excepción de la bahía Coishco (3,72 mg/L) en la que también se detectó bajos valores en fondo.

En octubre, el promedio superficial más alto se registró en bahía Samanco (7,51 mg/L) y el más bajo en Huarmey, tanto en superficie (2,53 mg/L) como en fondo. La concentración promedio disminuyó en 2,20 y 0,25 mg/L en comparación a abril del 2012 y noviembre-diciembre 2011, respectivamente (GARCÍA et al. 2011, 2012).

Los nutrientes disueltos en el agua de mar son esenciales para el desarrollo del fitoplancton. Los nutrientes en el agua de mar son indicadores que permiten evaluar la calidad del agua.

La concentración anual promedio de fosfatos fue de 2,22  $\mu\text{M}$ , menor en 0,58  $\mu\text{M}$  en relación al 2011. Los fosfatos superficiales promedio presentaron concentraciones más altas en octubre (Huarmey: 4,75  $\mu\text{M}$ ) y menores concentraciones en abril (Coishco: 0,23  $\mu\text{M}$ ). Los valores mayores a 3,00  $\mu\text{M}$  de fosfatos, se deben también al uso indiscriminado de detergentes fosforados utilizados en la limpieza de las embarcaciones pesqueras y fábricas industriales, que causarían proliferación algal y consumo de oxígeno además de producción de gases como el sulfuro de hidrógeno, producto de la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno provocando crecimiento de bacterias sulfato-reductoras.

Con relación al 2011, el promedio anual de silicatos disminuyó en 7,42  $\mu\text{M}$  (12,03  $\mu\text{M}$  en 2012); el promedio anual de nitratos disminuyó en 4,09  $\mu\text{M}$  (7,61  $\mu\text{M}$  en 2012); el promedio anual de nitritos disminuyó en 0,62  $\mu\text{M}$  (0,57  $\mu\text{M}$  en 2012) (GARCÍA et al. 2011, 2012).

En el 2012 los indicadores de contaminación microbiológica (coliformes totales y termotolerantes) presentaron en algunas áreas evaluadas valores que superaron lo permitido por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático, Ecosistemas marino costeros: Marinos); sin embargo, la bahía Tortugas (abril 2012) y la bahía Huarmey (abril y octubre 2012) presentaron valores menores a 30,00 NMP/100 mL.

En abril el fitoplancton presentó una composición especiológica total de 107 taxa de las cuales 56 fueron diatomeas (52,3%), 49 dinoflagelados (45,7%) y 2 silicoflagelados (1,9%). En este periodo se observó ocurrencia de floraciones algales o mareas rojas inocuas producidas por *Ceratium fusus* var. *fuscus* dinoflagelado tecado (que fue el más abundante) que se distribuyó en las 7 bahías y *Akashiwo sanguinea* dinoflagelado atecado que fue abundante en las bahías El Ferrol, Samanco y Tortuga. El indicador de aguas costeras frías (ACF), *Protoberidinium obtusum*, se distribuyó en el 81% de las estaciones.

En el monitoreo se observaron especies potencialmente tóxicas como *Dinophysis caudata*, *D. rotundata*, *D. acuminata*, *Prorocentrum minimum*, *P. cf. balticum*, *Pseudo-nitzschia* grupo *seriata* y *P.* grupo *delicatissima*.

El proceso de óxido – reducción del sedimento indica el estado de afectación del fondo marino, sobre todo en áreas sometidas a perturbación. Durante la evaluación se pudo constatar cualitativamente las características organolépticas de olores a sulfuros y colores negros propios de sustratos reducidos y semireducidos; estas condiciones de sustratos influyen significativamente en las concentraciones de los metales pesados.

El cadmio se caracteriza por adsorberse en el sedimento con textura fangosa y fango arenoso, con un contenido alto de materia orgánica. El cadmio a pesar que disminuyó 1,43  $\mu\text{g/g}$  respecto a junio 2011, se presentó en todas las áreas evaluadas con valores promedio mayores a 0,70  $\mu\text{g/g}$ , a excepción de bahía Casma (0,40  $\mu\text{g/g}$ ); los valores mayores a 0,70  $\mu\text{g/g}$  sobrepasaron lo permitido (0,67  $\mu\text{g/g}$ ) por la Tabla de Protección Costera y Restauración de los EE.UU para el Nivel Umbral. (LONG et al. 1995).

El plomo no sobrepasó lo permitido por los valores guías de 30,24  $\mu\text{g/g}$ ; pero disminuyó en 1,26  $\mu\text{g/g}$  en comparación a junio 2011.

El cobre superó en todas las áreas evaluadas el valor guía de 18,70  $\mu\text{g/g}$  pero disminuyó en 0,52  $\mu\text{g/g}$  a lo detectado en junio 2011.

El cinc superó el valor guía de 124  $\mu\text{g/g}$  en las bahías El Ferrol y Samanco de la Tabla de Protección Costera y Restauración de los EE.UU (LONG et al. 1995), habiéndose incrementado en 18,61  $\mu\text{g/g}$  respecto a junio 2011.

La calidad acuática por la línea costera de la Región Áncash, tanto en abril como en octubre presentó en la mayor parte de las áreas evaluadas concentraciones de sólidos suspendidos totales que superaron la normatividad vigente; respecto a los aceites y grasa, presentaron valores que superaron lo permitido (1,00 mg/L), en abril (Coishco y El Ferrol) y octubre (Puerto Santa, El Ferrol, Tortuga, Guaynuma y Casma), por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático, Ecosistemas marino costeros: Marinos).

En playas, los sulfuros de hidrógeno en el 2012 presentaron un valor puntual de 0,0650 mg/L en la bahía de Coishco que superó lo permitido (0,0600 mg/L) por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4; mientras que en el resto de áreas evaluadas estuvieron dentro de la normatividad vigente.

En la bahía de Samanco la demanda bioquímica de oxígeno en el 2012 presentó un valor puntual de 11,85 mg/L que superó lo permitido de 10,00 mg/L; en tanto que, en el resto del área evaluada fueron menores a lo estipulado en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático, Ecosistemas marino costeros: Marinos).

En la cuenca baja de los ríos Lacramarca y Casma, los valores de la demanda bioquímica de oxígeno presentaron valores puntuales de 19,55 y 11,14 mg/L respectivamente, superando lo permitido (<10,00 mg/L) por la normatividad vigente; en el resto de áreas evalua-

das estuvieron dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático, Ríos: Costa y sierra).

En abril los indicadores de contaminación microbiológica de coliformes totales y termotolerantes en los ríos Lacramarca y Samanco, sobrepasaron lo permitido por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático, Ríos: Costa y sierra); en octubre superaron la normatividad vigente en todos los ríos de la Región. Así mismo, en todos los ríos evaluados, aceites y grasa superaron lo permitido (ausencia de película visible) por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático, Ríos: Costa y sierra).

## 5. CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales determinadas en el ecosistema marino y costero de la Región Áncash indican que las bahías Coishco y El Ferrol son las que presentan mayor deterioro de su ecosistema marino influenciadas por los continuos vertimientos de aguas de uso doméstico e industrial, aguas de escorrentía agrícola y fluviales, que afectan el sustrato marino, la calidad de agua y los recursos hidrobiológicos.

La zona central de la bahía de Coishco y la parte norte y centro de la bahía El Ferrol, se caracterizaron por presentar áreas críticas de contaminación; en el espacio intermareal y línea de playas se comprobó presencia de restos de basura doméstica como bolsas, botellas de plástico, empaques de sixpack; manchas negras oleosas y restos de vegetales.

Se presentó mezcla de Aguas Costeras Frías y Aguas Subtropicales Superficiales, con ligeras influencias de aguas continentales de los ríos, aportes antropogénicos y fluviales.

Cuando la actividad pesquera es mínima o nula, se produce un restablecimiento parcial del equilibrio de las condiciones físicas, químicas y microbiológicas de la columna de agua, en el caso contrario es indudable que se produce inestabilidad en el medio marino, generando un estrés ambiental, donde la capacidad de asimilación y resiliencia se sobresatura y no permite equilibrar las variables ambientales.

La demanda bioquímica de oxígeno en la aguas próximas a la línea costera (playas) de la Región Áncash presentaron valores que no superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático, Ecosistemas marino costeros: Marinos), a excepción de la bahía Samanco que presentó un valor puntual de 11,85 mg/L.



La calidad acuática en los ríos de la Región, presentaron concentraciones de aceites y grasa que superaron lo permitido (Ausencia de película visible) por la normatividad vigente.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a los señores técnicos César Tinoco Robles, Raúl Espejo Barrenechea, Segundo Castañeda Gonzales, Agustín Pizán Cadillo, Freddy Cruzado Gutiérrez, Roberto Martínez, a los ingenieros Georgina Flores, Manuel Guzmán, Aída Henostroza, a la bióloga Violeta Flores por su apoyo en los análisis químicos y también a los miembros de la tripulación IMARPE V.

## 7. REFERENCIAS

- ENRÍQUEZ 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, TRESIERRA A, SÁNCHEZ G, OROZCO R, SÁNCHEZ S, CRISPÍN M. 2005. Monitoreo del ambiente marino costero en las bahías de Coishco y El Ferrol, Chimbote. Febrero 2005. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, TRESIERRA A, SÁNCHEZ G, OROZCO R, DELGADO E, TENORIO J. 2005. Monitoreo del ambiente marino costero en las bahías de Coishco y El Ferrol, Chimbote. Agosto 2005. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, TRESIERRA A, SÁNCHEZ G, OROZCO R, DELGADO E, DOMÍNGUEZ N. 2005. Monitoreo del ambiente marino costero en las bahías de Coishco y El Ferrol, Chimbote. Noviembre 2005. 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 2006. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- 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. Junio 2010. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- 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 2010. 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 de la Región Áncash. Junio-julio 2011. 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 de la Región Áncash. Noviembre-diciembre 2011. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, RUBIO J, SÁNCHEZ G, OROZCO R. 2011. Seguimiento de la Pesquería Pelágica en la zona de Chimbote, Coishco, Samanco y Huarmey durante el 2011. Inf. Interno. Laboratorio Costero de Chimbote. Inst. Mar. Chimbote-Perú.
- GARCÍA V, RUBIO J, SÁNCHEZ G, SÁNCHEZ S, OROZCO R, HUERTO M, CERVANTES C. 2012. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Abril 2012. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- GARCÍA V, RUBIO J, SÁNCHEZ G, SÁNCHEZ S, OROZCO R, HUERTO M, CERVANTES C. 2012. Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Áncash. Octubre 2012. Informe Interno. Inst. Mar Perú.
- 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 2002. Informe interno. Inst. Mar Perú. 09-16.
- JACINTO M, CHÁVEZ J, MORÓN O, SÁNCHEZ S, CÓRDOVA J. 1996. Evaluación de la calidad del medio marino en la bahía de Ferrol, Chimbote. Abril 1996. Inf. Prog. Inst. Mar Perú. 49.
- LONG E R, McDONALD D, SMITH S, CALDER F. 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management* 19 (1): 18-97.
- MINAM. 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM.
- OROZCO R, ENRÍQUEZ 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.