

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 46, Número 4



Octubre - Diciembre 2019
Callao, Perú



CALIDAD AMBIENTAL DE LA BAHÍA DE PUERTO PIZARRO Y DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR, TUMBES, PERÚ. JUNIO 2009

ENVIRONMENTAL QUALITY OF THE PUERTO PIZARRO BAY AND MANGROVE ECOSYSTEM, TUMBES, PERU. JUNE 2009

Percy Montero¹

RESUMEN

MONTERO P. 2019. *Calidad ambiental de la bahía de Puerto Pizarro y del ecosistema de manglar, Tumbes, Perú. Junio 2009. Inf Inst Mar Perú. 46(4): 636-660.*- Entre el 4 y 6 de junio 2009 se determinaron parámetros oceanográficos e indicadores de contaminación en la bahía de Puerto Pizarro y en siete canales de marea del ecosistema de manglar. Las corrientes superficiales alcanzaron velocidad máxima de 15,6 cm.s⁻¹. Lejos de la costa, las aguas de la bahía tuvieron características de Aguas Tropicales Superficiales (ATS). La temperatura superficial varió entre 26,8 °C a 3 mn de la costa frente a Corrales y 29,0 °C frente a Puerto Pizarro y El Bendito. Los sólidos suspendidos totales (SST) sobrepasaron los límites del estándar nacional de calidad ambiental. Sulfuros, cobre, plomo, aceites y grasas e hidrocarburos aromáticos totales presentaron bajos niveles, el cadmio tuvo concentraciones menores a 0,53 µg.L⁻¹. En bahía predominaron dinoflagelados y en canales de marea las diatomeas; en ambos ecosistemas las especies de fitoplancton potencialmente tóxicas tuvieron poca distribución y abundancia. Cerca al desembarcadero de Puerto Pizarro y en el canal Corrales, los coliformes totales y termotolerantes, excedieron de 2.400 NMP.100mL⁻¹ debido a la influencia de agua residuales domésticas. Los sedimentos superficiales tuvieron altas concentraciones de manganeso y zinc, el cual superó su rango de efecto bajo (REB). Los metales traza abundaron en el siguiente orden: Mn > Zn > Cu > Pb > Fe > Cd.

PALABRAS CLAVE: calidad ambiental, Puerto Pizarro, manglar, Tumbes

ABSTRACT

MONTERO P. 2019. *Environmental quality of the Puerto Pizarro Bay and mangrove ecosystem, Tumbes, Peru. June 2009. Inf Inst Mar Peru. 46(4): 636-660.*- Oceanographic parameters and pollution indicators were determined in the Puerto Pizarro bay and in seven tidal channels of the mangrove ecosystem between 4 and 6 June 2009. Surface currents reached a maximum speed of 15.6 cm.s⁻¹. Far from the coast, the waters of the bay were characterized by Tropical Surface Waters (TSW). Surface temperatures ranged from 26.8 °C to 3 nm from the coast off Corrales and 29.0 °C off Puerto Pizarro and El Bendito. Total suspended solids (TSS) exceeded the limits of the national environmental quality standard. Sulphides, copper, lead, oils and fats, and total aromatic hydrocarbons presented low levels, and cadmium had concentrations lower than 0.53 µg.L⁻¹. Dinoflagellates predominated in the bay and diatoms in tidal channels; in both ecosystems potentially toxic phytoplankton species had little distribution and abundance. The total and thermotolerant coliforms exceeded 2,400 NMP.100mL⁻¹ due to the influence of domestic wastewater near the Puerto Pizarro wharf and in the Corrales channel. Surface sediments had high concentrations of manganese and zinc, which exceeded their effect range low (ERL). Trace metals abounded in the following order: Mn > Zn > Cu > Pb > Fe > Cd.

KEYWORDS: environmental quality, Puerto Pizarro, mangrove, Tumbes

1. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones enfocadas en aspectos ambientales en Tumbes, realizadas por el Laboratorio Costero de Tumbes (L C Tumbes), del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), se han efectuado desde el 2006, iniciándose con estudios sobre calidad ambiental en los ecosistemas acuáticos de la región Tumbes (MONTERO 2007, 2013) para obtener una línea base de la variación anual de los parámetros físico-químicos en el medio acuático en el litoral, incluyendo la bahía de Puerto Pizarro, el ecosistema de manglar y los ríos Tumbes y Zarumilla.

Del 2007 al 2009 se realizaron estudios bio-ecológicos de algunos recursos hidrobiológicos de importancia económica, tales como *Anadara tuberculosa* (concha negra), *Ucides occidentalis* (cangrejo del manglar) y *Crassostrea iridescens* (ostra) (ORDINOLA *et al.* 2010a, b, c, d, e). En esos estudios se obtuvo información de los hábitats estuarino y marino, determinándose la variación de factores oceanográficos e influencia en la distribución y biología en los recursos mencionados. LÓPEZ (2010) también recopiló información oceanográfica para determinar zonas aptas para la maricultura en Tumbes, sin realizar estudios sobre parámetros indicadores de contaminación.

¹ IMARPE Tumbes, Esquina José Olaya y Francisco Bolognesi s/n, C.P. Nueva Esperanza, Zorritos, Contralmirante Villar, Tumbes; pmontero@imarpe.gob.pe

Después del accidente ocurrido frente a Zorritos (30 de enero 2008) cuando se produjo derrame de petróleo en el mar, la Unidad de Monitoreo y Gestión Marino Costera (UMGMC) de la sede central del IMARPE y el LC Tumbes, evaluaron las concentraciones de hidrocarburos, aceites, grasas y metales traza, determinando las características oceanográficas costeras desde la Caleta Cabo Blanco (Piura) hasta Puerto Pizarro (Tumbes) (MONTERO 2008).

Este estudio se efectuó para determinar las características oceanográficas y calidad acuática en la bahía de Puerto Pizarro y en algunos canales de marea del ecosistema de manglar de Tumbes, ya que ambos ecosistemas tienen gran importancia local por su biodiversidad y porque en ambos se desarrollan turismo, pesca, extracción artesanal y desembarque de especies hidrobiológicas. Actualmente, ambos ecosistemas presentan signos de eutrofización, generados principalmente por actividades antrópicas como pesca artesanal, inadecuada explotación y comercio de recursos hidrobiológicos, acuicultura, minería (desarrollada en la cuenca media y alta del río Tumbes) así como contaminación por aguas residuales domésticas y residuos sólidos.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La recolección de muestras para determinar variables oceanográficas y de calidad del medio marino en playas (intermareal) y en los canales de marea se realizó del 4 al 6 de junio del 2009. En la bahía de Puerto Pizarro se realizó el muestreo en dos estaciones en el intermareal y 19 en el submareal hasta 3,5 mn de la costa. En el ecosistema de manglar el muestreo se efectuó en 7 canales de marea (Tablas 1, 2, Fig. 1). En cada estación se tomó la posición geográfica con un navegador GPS Magellan 315, con referencia al Datum WGW-84. En bahía, la profundidad se obtuvo con la ecosonda Garmin GPS Map 178C Soundery y la dirección y velocidad de las corrientes superficiales con un correntómetro metálico de deriva y el compás digital del navegador GPS, empleando el método de Lagrange.

Para recolectar las muestras de agua de mar y sedimento superficial se contó con la embarcación "Adrián" (Nº Mat. ZS - 1943 - SM) de ocho metros de eslora, equipada con motor fuera de borda de 40 HP. Para el trabajo en playas y en los canales de marea se utilizó una camioneta doble tracción del LC Tumbes.

Tabla 1.- Estaciones de muestreo en bahía Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

Est.	Hora	Fecha	Zona	Latitud S			Longitud W		
				G	M	S	G	M	S
1	10:26	04/06/2009	Puerto Pizarro	3°	28'	54,78''	80°	24'	01,56''
2	11:21	04/06/2009	Puerto Pizarro	3°	27'	28,20''	80°	21'	14,28''
3	12:27	04/06/2009	El Bendito	3°	25'	21,18''	80°	19'	17,52''
4	13:09	04/06/2009	El Bendito	3°	25'	53,34''	80°	20'	59,34''
5	13:48	04/06/2009	El Bendito	3°	24'	57,18''	80°	22'	19,26''
6	14:58	04/06/2009	Puerto Pizarro	3°	26'	58,02''	80°	23'	11,82''
7	15:44	04/06/2009	Puerto Pizarro	3°	26'	07,02''	80°	25'	13,26''
8	16:34	04/06/2009	Puerto Pizarro	3°	27'	30,48''	80°	26'	09,48''
9	10:27	05/06/2009	Puerto Pizarro	3°	29'	00,36''	80°	25'	37,17''
10	10:58	05/06/2009	Boca Chérrez	3°	28'	50,22''	80°	27'	10,26''
11	12:00	05/06/2009	Boca Chérrez	3°	26'	08,40''	80°	28'	11,88''
12	12:49	05/06/2009	Boca Chérrez	3°	28'	07,20''	80°	29'	04,38''
13	13:24	05/06/2009	Boca Corrales	3°	27'	21,72''	80°	31'	02,82''
14	14:01	05/06/2009	Boca Corrales	3°	29'	58,08''	80°	31'	21,90''
15	14:46	05/06/2009	Boca Corrales	3°	29'	39,42''	80°	33'	01,92''
16	15:22	05/06/2009	Boca Corrales	3°	30'	41,70''	80°	31'	45,48''
17	16:04	05/06/2009	Boca Corrales	3°	32'	37,86''	80°	32'	06,60''
18*	16:18	06/06/2009	Playa El Bendito	3°	25'	54,18''	80°	19'	22,20''
19	18:25	05/06/2009	Puerto Pizarro	3°	29'	59,52''	80°	23'	35,94''
20*	12:08	06/06/2009	Boca Corrales	3°	33'	21,79''	80°	31'	44,71''

* Estación en intermareal

Tabla 2.- Estaciones de muestreo en el ecosistema de manglar (Tumbes). Junio 2009

Est.	Hora	Fecha	Canal de marea	Latitud S			Longitud W		
				G	M	S	G	M	S
1	09:35	06/06/2009	El Alcalde	3°	30'	56,04''	80°	26'	36,24''
2	10:51	06/06/2009	Corrales	3°	34'	13,56''	80°	31'	05,34''
3	14:50	06/06/2009	Puerto 25	3°	27'	24,66''	80°	16'	14,28''
4	15:25	06/06/2009	Algarrobo	3°	28'	13,26''	80°	17'	53,82''
5	15:46	06/06/2009	Soledad	3°	27'	33,12''	80°	18'	31,02''
6	16:42	06/06/2009	El Bendito	3°	27'	00,24''	80°	19'	03,00''
7	17:27	06/06/2009	El Jeli	3°	29'	44,28''	80°	22'	29,22''

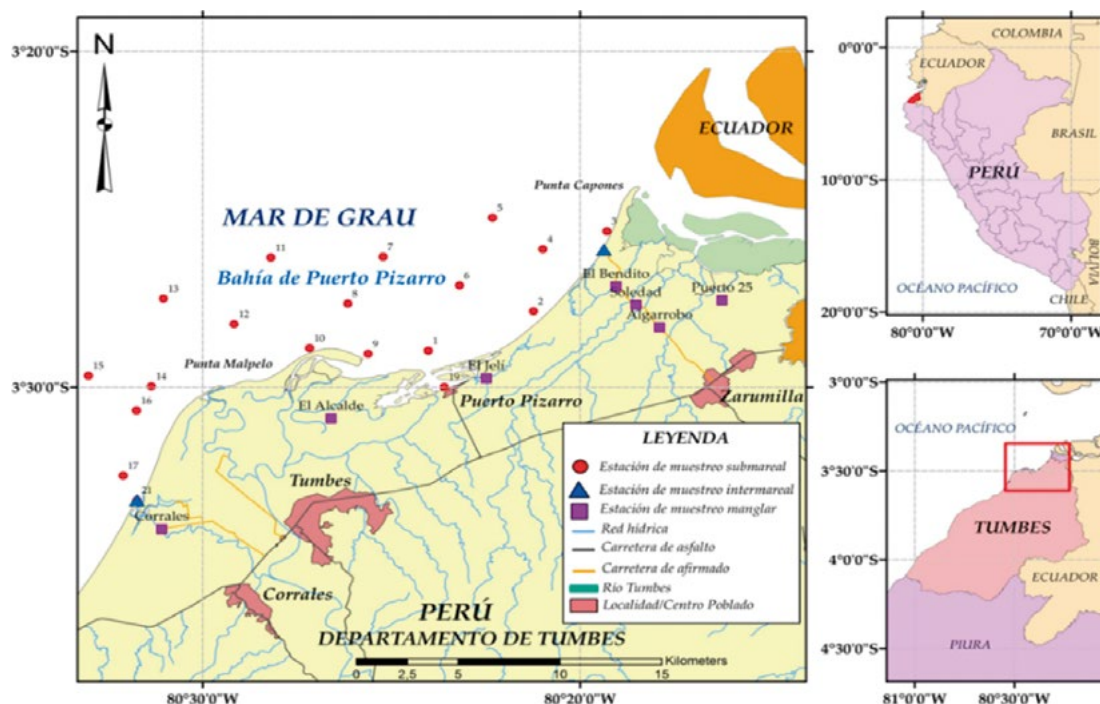


Figura 1.- Carta de ubicación del área de estudio y estaciones de muestreo, bahía de Puerto Pizarro y canales de marea (Tumbes). Junio 2009

En bahía se recolectaron muestras de agua de superficie y de fondo, empleando un balde plástico de 20 L y una botella Niskin de seis litros. En los canales de marea solo se recogió agua superficial debido a la poca profundidad.

En cada estación se registró el valor de algunos parámetros físicos, como transparencia con disco de Secchi y temperatura empleando termómetro de mercurio (sensibilidad de 0,1 °C).

Se obtuvieron muestras de agua para la determinación de oxígeno disuelto (OD), siguiendo el método titulométrico de Winkler modificado por CARRIT & CARPENTER (1966).

Para determinar la salinidad se recolectaron muestras de agua en frascos de polietileno (250 mL), que fueron analizadas en el LC Paita

(Piura) con el método de inducción mediante el salinómetro Portasal Guildline 3410A. Con el mismo procedimiento se obtuvieron muestras para determinar concentración de nutrientes, utilizando el método colorimétrico (STRICKLAND & PARSONS 1972), las concentraciones de fosfatos y silicatos se registraron con espectrofotómetro Milton Roy 20D, las de nitritos y nitratos, se efectuaron en el LC Chimbote con el espectrofotómetro Perkin Elmer UV-VIS Lambda 40. Con los datos de temperatura y salinidad se identificó la masa de agua predominante en la bahía de Puerto Pizarro.

Para la determinación de sólidos suspendidos totales (SST) se utilizó el método gravimétrico de APHA-AWWA-WPCF (1999) que requiere muestras recogidas en frascos de polietileno (500 mL).

Las muestras de agua para determinar concentraciones de sulfuros (H_2S -S) de fondo, aceites y grasas (A y G) e hidrocarburos aromáticos totales (HAT) superficiales, trazas de metales pesados (TMP) de superficie y fondo; sedimentos superficiales para determinar TMP y HAT, se recolectaron según las recomendaciones y protocolos de la UMGMC (Sede central IMARPE).

Las muestras de sedimento se obtuvieron con una draga modelo van Veen de 0,044 m² de área de mordida. La calidad del sedimento superficial en la bahía y lecho de los canales de marea se estimó con base a la concentración de los metales traza e hidrocarburos aromáticos totales.

Para estimar/evaluar la calidad del agua en la bahía y en los canales de marea, se compararon los resultados de la mayoría de las variables con los valores de los Estándares de Calidad Ambiental Nacional (ECA), normativa ambiental aprobada según D.S. N° 002-2008 (MINAM 2008), considerando las categorías 2 (Actividades marino costeras) y 4 (Conservación del ambiente acuático). Para establecer el nivel de efecto de los metales pesados en los sedimentos marinos de la bahía de Puerto Pizarro y en los canales de marea se compararon los datos obtenidos con los criterios de clasificación de efectos indicado por las Pautas canadienses de calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*) del Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME 2001) y con los criterios indicados por LONG *et al.* (1995).

La concentración de coliformes totales y termotolerantes (fecales) se hicieron con muestras de agua superficial obtenidas en frascos de

vidrio (100 mL) previamente esterilizados. Estas muestras se analizaron en el Laboratorio de Sanidad Acuicola del LC Tumbes, según la técnica de tubos múltiples de fermentación Número Más Probable (APELLA y ARAUJO 2005).

Las muestras de fitoplancton se obtuvieron realizando arrastres horizontales superficiales con una red estándar de 75 μ , a 3 nudos de velocidad por 5 minutos, recolectándose 250 mL. Las muestras fueron preservadas con formalina al 20% neutralizada con bicarbonato de sodio (THRONDSSEN 1978). El análisis de estas muestras se realizó en el LC Santa Rosa (Lambayeque). Se otorgó una escala (tipo Likert) de abundancia con significado: "0" ausente, "1" presente, "2" escaso, "3" abundante y "4" muy abundante.

La carta con la posición geográfica de las estaciones de muestreo se obtuvo con un programa cartográfico libre y las cartas de variación y distribución de valores de todos los parámetros se elaboraron con un programa de interpolación libre, según el método KRIGING (para interpolación de datos dispersos). Las tablas y gráficas se elaboraron empleando EXCEL 2007.

3. RESULTADOS

BAHÍA DE PUERTO PIZARRO

Batimetría.- En la figura 2 se observa la batimetría de Puerto Pizarro, la pendiente de la plataforma continental tuvo mayor inclinación en la zona sur, mientras que la zona norte se asemejó a una gran colina de suave pendiente. La máxima profundidad fue de 26 metros frente a la boca del canal Corrales, a 3 mn de la costa (Tabla 3).

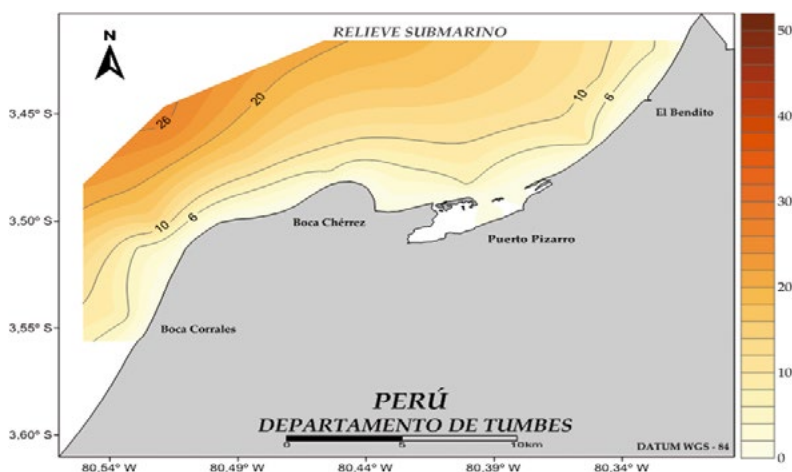


Figura 2.- Batimetría de la bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

Tabla 3.- Parámetros físico-químicos de superficie, fondo y costa de la bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

Est.	Prof. (m)	Transp. (m)	Corriente		T (°C)	Sal. (ups)	OD (mL.L ⁻¹)	PO ₄ ⁻³ (µM)	SiO ₂ ⁻² (µM)	NO ₂ ⁻ (µM)	NO ₃ ⁻ (µM)
			Vel (cm.s ⁻¹)	Dirección							
1	0	2,0	1,2	sureste	29,0	-	5,11	2,02	187,69	0,50	14,61
	7				28,0	-	4,96	0,81	6,25	0,02	9,41
2	0	1,8	6,3	sureste	29,0	-	5,28	0,99	28,12	0,04	2,94
	8,5s				28,0	-	4,09	3,50	20,42	0,54	4,59
3	0	1,0	6,1	sureste	28,8	31,501	5,23	1,12	10,13	0,08	0,99
	5				27,9	33,201	3,63	2,29	27,36	0,21	2,82
4	0	2,0	3,8	oeste	29,0	-	5,56	0,58	8,15	0,04	0,15
	10,5				26,5	-	2,59	-	-	0,73	7,21
5	0	2,0	3,2	sureste	29,0	30,431	5,48	0,76	29,87	0,06	2,30
	14				25,0	34,611	1,74	3,14	27,97	1,53	7,37
6	0	3,0	1,9	sur	28,0	31,781	5,41	1,61	20,80	0,02	3,18
	12				26,0	34,008	3,66	1,34	7,70	0,56	2,74
7	0	4,0	15,6	sur	28,0	-	5,22	1,08	12,65	0,02	1,51
	16,5				25,0	-	1,80	1,34	38,18	1,07	5,05
8	0	3,0	10,5	-	28,0	32,469	5,52	1,34	38,48	0,02	0,07
					25,5	34,224	2,52	5,29	18,52	0,73	3,84
9	0	0,4	9,0	-	28,0	-	4,60	1,26	31,55	0,08	1,63
	3,5				27,0	-	3,85	3,36	10,74	0,13	1,10
10	0	0,7	13,9	-	28,0	33,547	5,21	1,34	18,59	0,13	20,02
	5				27,2	32,903	4,28	2,78	7,54	0,36	4,01
11	0	5,0	5,0	este	27,0	34,958	4,86	-	-	0,02	12,21
	19				23,5	33,663	2,49	2,33	25,22	1,78	6,71
12	0	3,0	9,0	este	27,5	-	4,88	0,67	6,40	0,02	1,70
	15				24,0	-	2,36	1,03	26,14	0,61	9,43
13	0	5,3	3,7	-	26,8	-	4,90	0,72	5,64	0,04	2,07
	26				22,5	-	2,39	0,45	12,65	1,21	19,97
14	0	2,0	9,1	sureste	27,5	-	4,99	0,63	9,68	0,04	8,17
	15				25,2	-	2,87	2,20	13,34	-	-
15	0	2,3	6,7	sureste	27,8	34,708	5,24	0,81	8,61	0,02	3,88
	20				23,0	32,557	1,81	2,42	20,88	0,98	14,32
16	0	2,0	8,3	-	28,2	-	5,47	0,99	37,19	0,04	0,73
	6				26,5	-	4,16	2,69	27,97	0,44	9,27
17	0	2,0	4,1	-	28,0	34,624	5,20	0,90	27,89	0,04	2,28
	7,6				26,2	32,202	1,60	4,48	16,76	1,23	8,03
18*	0	-	-	-	29,5	32,151	4,71	1,12	33,99	0,08	1,80
19	0	0,4	-	-	29,0	33,592	-	1,52	82,60	0,10	6,71
	1				29,0	-	-	-	-	-	-
20*	0	-	-	-	30,2	25,609	5,22	1,03	9,83	0,06	2,78

* Estación en intermareal

Corrientes superficiales.- La dirección de las corrientes superficiales (CS), fue principalmente sureste (hacia la costa), aunque frente a Puerto Pizarro estas tuvieron dirección sur entre 1,5 y 3 mn (Fig. 3a). Las mayores velocidades de las CS se presentaron frente a Puerto Pizarro, a 3,5 mn de la costa (Fig. 3b), llegando a 15,6 cm.s⁻¹. Frente a Corrales, Chérrez y El Bendito las velocidades alcanzaron un promedio de 6,6 cm.s⁻¹ (Tabla 3).

Características físicas y químicas

La transparencia varió de 0,4 a 5,3 metros (Tabla 3). Las aguas hasta 1,5 mn de la costa presentaron transparencias menores e iguales a 3 metros, mientras que aguas más alejadas de la costa, aproximadamente a 3 mn, tuvieron transparencias entre 4 y 5 metros (Fig. 4).

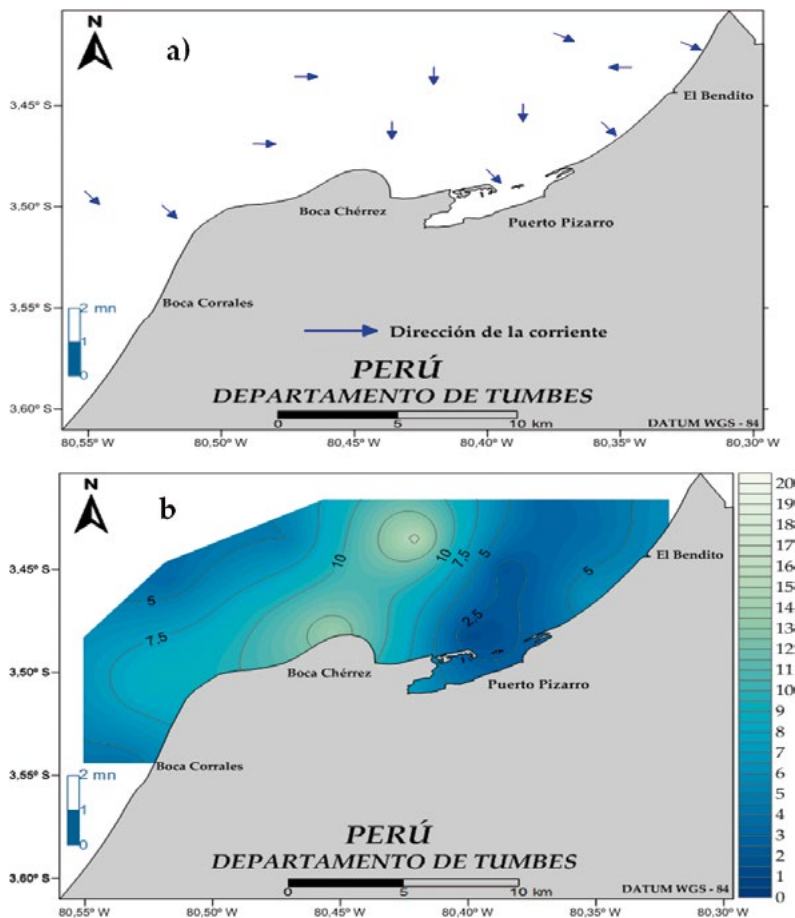


Figura 3.- Dirección (a) y velocidad (cm.s-1) (b) de las corrientes superficiales en bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

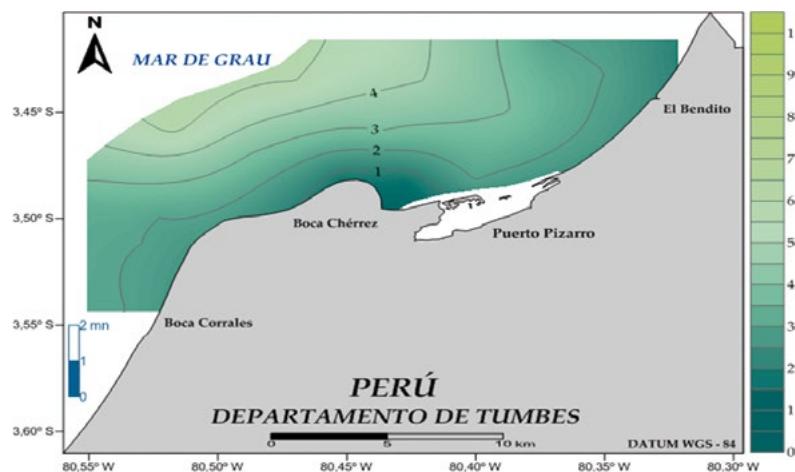


Figura 4.- Transparencia (m) del mar en bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

La temperatura superficial varió de 26,8 °C, cerca de 3 mn de la costa frente a Corrales, a 29,0 °C frente a Puerto Pizarro y El Bendito. En el fondo, las isotermas se distribuyeron casi paralelas a la costa, ubicándose las de menor valor en las zonas

más profundas. Las aguas de fondo más cálidas (28,0 °C) se ubicaron frente a la costa de Puerto Pizarro a menos de 0,5 mn (Tabla 3, Fig. 5). La salinidad en superficie tuvo mayores valores en aguas alejadas de la costa (1,5 mn) frente a la

boca de Chérrez y cerca de las 3 mn alcanzó un valor aproximado a 35 ups; la menor salinidad (5,285 ups) se ubicó frente a Puerto Pizarro, en un núcleo de mínima (Fig. 6). En el fondo el rango de variación fue menos amplio que en la superficie, apreciándose un descenso latitudinal entre El Bendito y Puerto Pizarro (Tabla 3). Los valores de temperatura y salinidad en la capa superficial y de fondo del mar en la bahía de Puerto Pizarro, en su mayoría, indicaron la presencia de Aguas Tropicales Superficiales (ATS); una región superficial al oeste y otra de fondo al norte presentaron características de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES).

El oxígeno disuelto (OD) tuvo mayores concentraciones en la superficie, alcanzando 5,56 mL.L⁻¹ frente a El Bendito (1,3 mn); la

menor concentración superficial fue 4,60 mL.L⁻¹ frente a Puerto Pizarro (0,68 mn); alcanzó bajas concentraciones en las zonas más profundas (Fig. 7). Las aguas de fondo (a distancias entre 1,5 y 3 mn) presentaron concentraciones menores a 2,6 mL.L⁻¹, frente a Puerto Pizarro (a más de 0,5 mn) llegó casi a 5 mL.L⁻¹ (Tabla 3).

Los fosfatos en aguas superficiales presentaron menores concentraciones frente y al norte de El Bendito y entre las zonas Chérrez y Corrales, llegando a 0,58 y 0,76 μM. Hubo concentraciones superficiales mayores a 1 μM frente a Chérrez y Puerto Pizarro, llegando a 2,02 μM a más de 0,5 mn frente a Puerto Pizarro. En el fondo las concentraciones fueron mayores y presentaron un núcleo de 3,00 a 5,29 μM entre Puerto Pizarro y Chérrez (Tabla 3, Fig. 8).

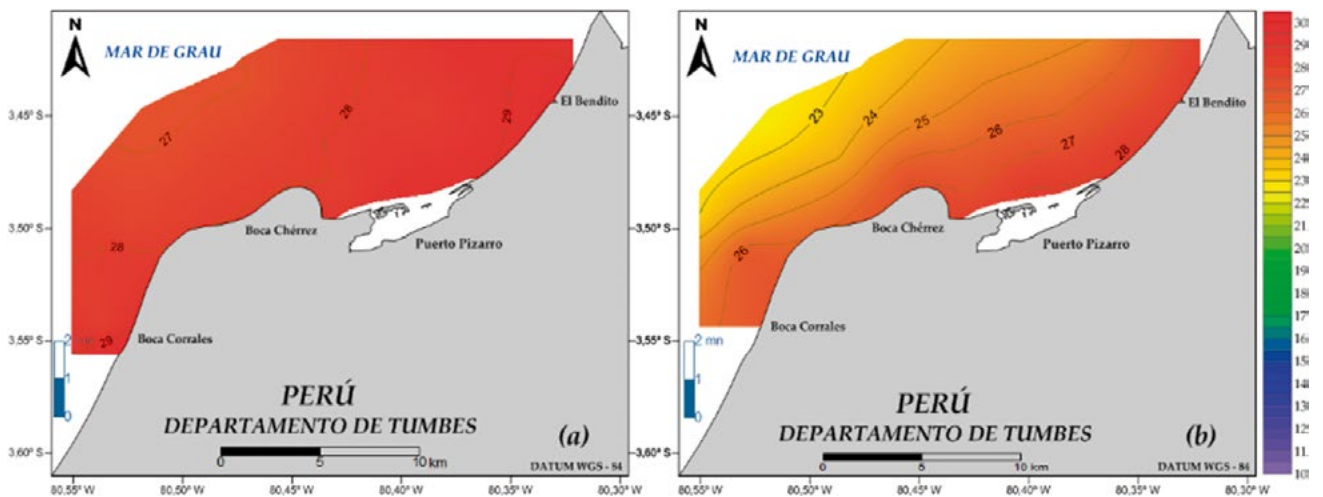


Figura 5.-Temperatura (°C) superficial (a) y de fondo (b), en bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

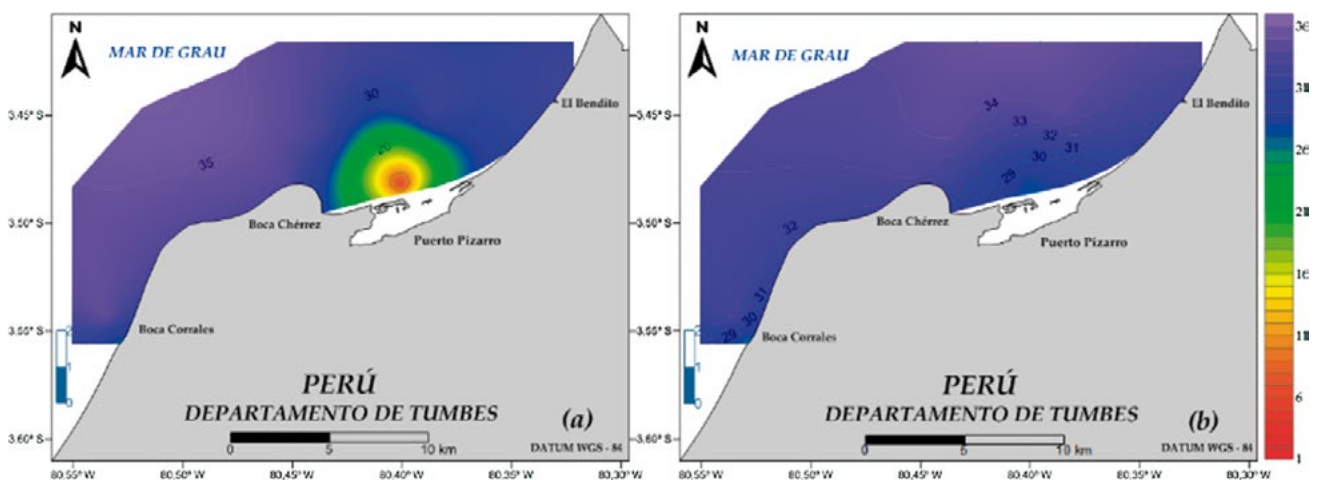


Figura 6.- Salinidad (ups) superficial (a) y de fondo (b), en bahía de Puerto (Tumbes). Junio 2009

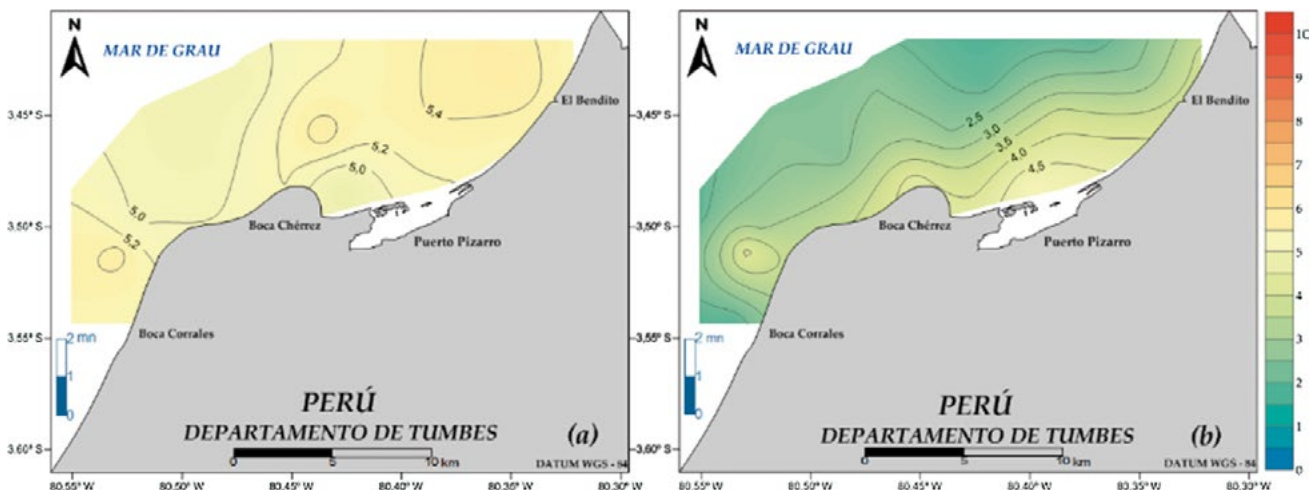


Figura 7.- Oxígeno disuelto (mL.L^{-1}) superficial (a) y de fondo (b), en bahía de Puerto (Tumbes). Junio 2009

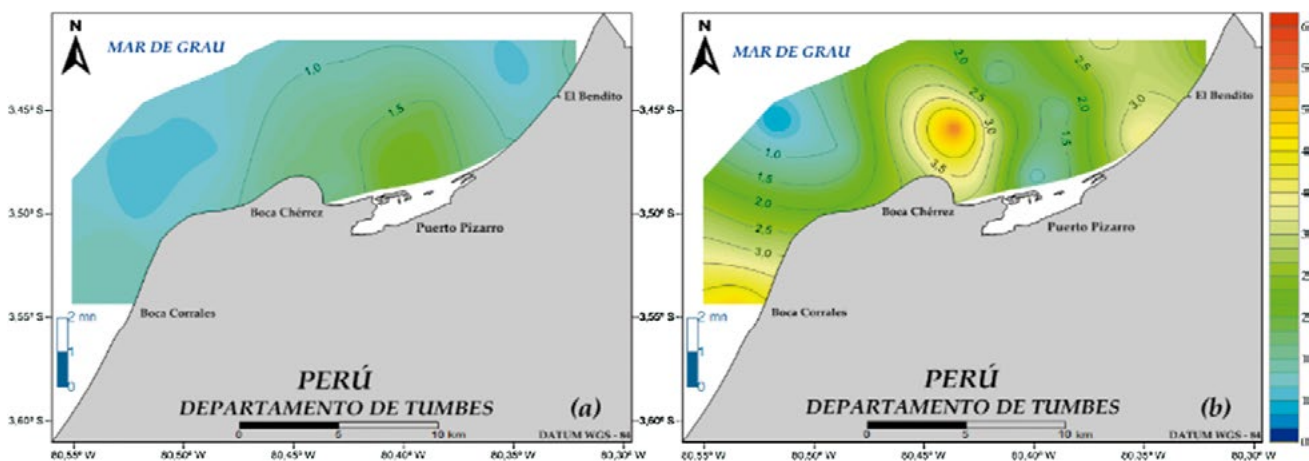


Figura 8.- Concentración de fosfatos (μM) superficiales (a) y de fondo (b), en bahía de Puerto (Tumbes). Junio 2009

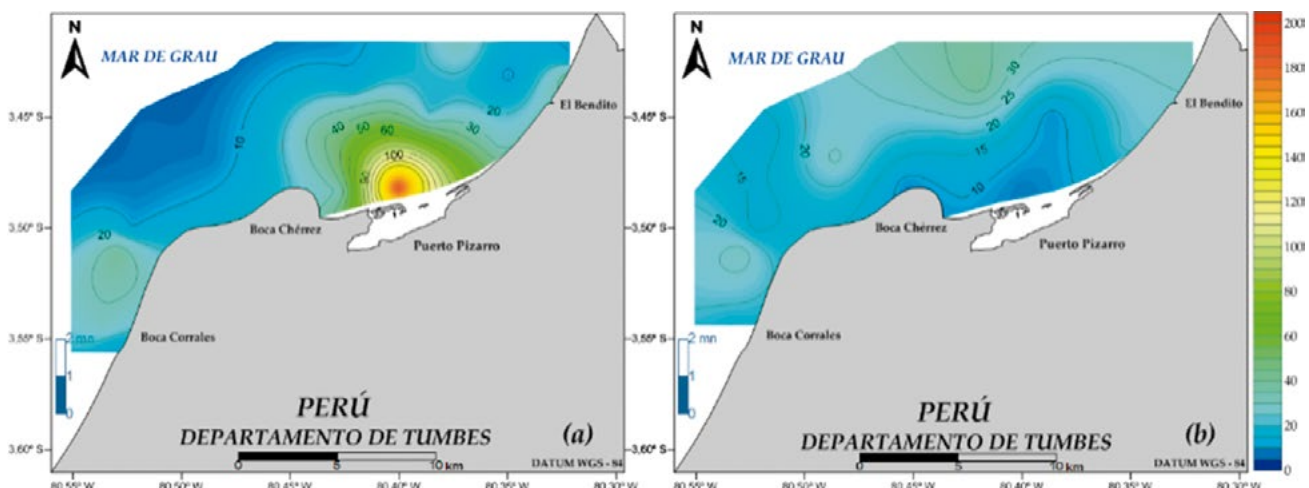


Figura 9.- Concentración de silicatos (μM) superficiales (a) y de fondo (b), en bahía de Puerto (Tumbes). Junio 2009

Los silicatos alcanzaron mayor concentración en superficie ($187,70 \mu\text{M}$), frente a Puerto Pizarro (a más de $0,5 \text{ mn}$). También se formó un núcleo frente a Corrales y cerca de las costas de El Bendito (entre 18 y $38 \mu\text{M}$). En el fondo la mayor

concentración estuvo frente a Puerto Pizarro ($3,4 \text{ mn}$) llegando a $38,18 \mu\text{M}$. Hubo un núcleo de concentración cercano a $30 \mu\text{M}$ frente a Corrales y bajas concentraciones (entre 6 y $10 \mu\text{M}$) frente a Puerto Pizarro y Chérrez (Fig. 9).

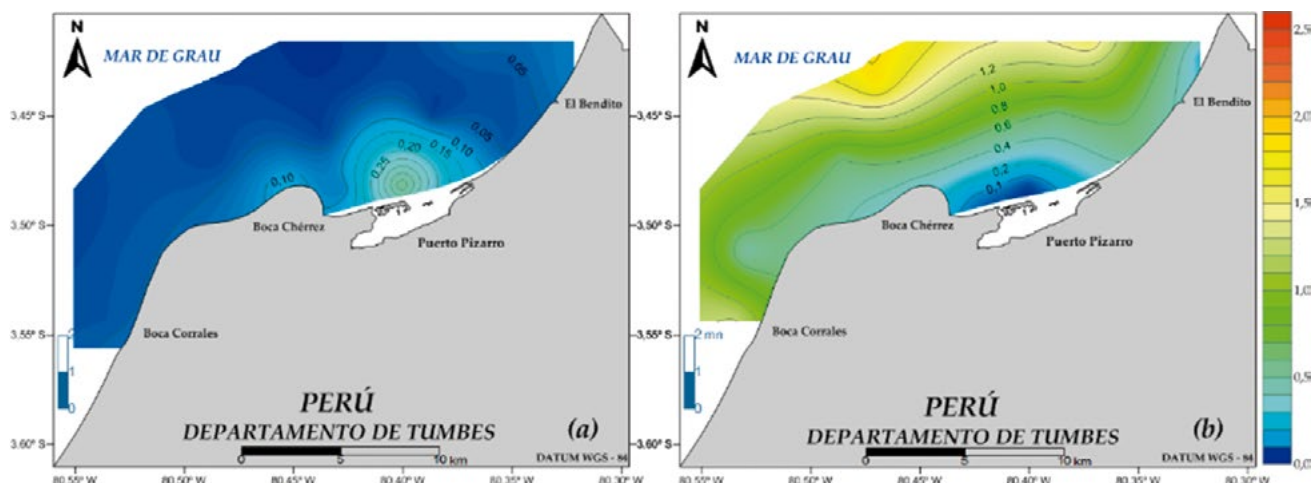


Figura 10.- Concentración de nitritos (μM) superficiales (a) y de fondo (b), en bahía de Puerto (Tumbes). Junio 2009

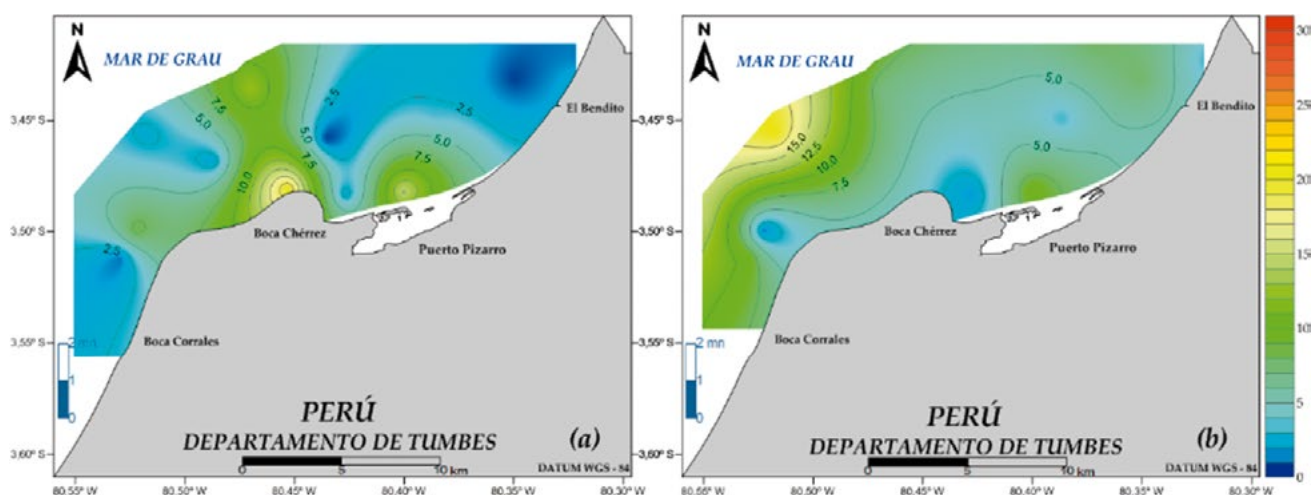


Figura 11.- Concentración de nitratos (μM) superficiales (a) y de fondo (b), en bahía de Puerto (Tumbes). Junio 2009

Los nitritos en superficie y en la mayor parte de la bahía, variaron entre 0,02 y 0,10 μM . Las menores concentraciones se distribuyeron en aguas cercanas a 3 mn de costa, mientras que las mayores (0,50 μM) se ubicaron en un núcleo (más de 0,5 mn) frente a Puerto Pizarro. En el fondo, aumentaron sus concentraciones en aguas más profundas, llegando a 1,78 μM (a 3 mn) frente a la boca de Chérrez (Fig. 10).

La concentración de nitratos en aguas superficiales y en gran parte de la bahía, presentó valores heterogéneos, entre 1 y 8 μM ; hubo una franja de agua frente a la boca de Chérrez con concentraciones entre 9 y 20 μM , esta última se obtuvo cerca de la orilla. En el fondo, entre las bocas Chérrez y Corrales y cerca de 3 mn de la costa, aumentaron hacia aguas más profundas. Gran parte de las aguas de fondo presentaron

concentraciones de nitratos menores de 5 μM , excepto frente a Puerto Pizarro donde hubo un núcleo de concentración mayor que llegó a 9,41 μM (Fig. 11).

Comunidad fitoplanctónica.- Los dinoflagelados y diatomeas presentaron 29 y 27 especies, respectivamente. En los dinoflagelados predominó el género *Ceratium* con las especies *C. breve* f. *parallelum* (Schmidt), *C. dens* (Ostenfeld & J.Schmidt) y *C. furca* (Ehrenberg). Otro género representativo de los dinoflagelados fue *Protoperdinium*, cuyas especies de mayor distribución fueron *P. pyrum* (Balech) y *P. conicum* (Gran); sin embargo, la especie dinoflagelada más abundante y con mayor distribución fue *Dinophysis caudata* (Kent, W.S.). Entre las diatomeas, la especie más abundante y mejor distribuida fue *Coscinodiscus perforatus* (Ehrenberg); sin embargo, otras especies como

C. wailesii (Gran & Angst), *Rhizosolenia robusta* (Norman ex Ralfs), *Bacteriastrium delicatulum* (Cleve) y *Ditylum brightwellii* (West), también fueron representativas pero con menor distribución y abundancia (Tabla 4).

Calidad de agua marina.- En la figura 12 se observan las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) tanto en superficie como en fondo; en términos generales, a medida que las estaciones se alejan de la costa las concentraciones son mayores (Tabla 5).

La zona de El Bendito, en aguas cercanas y lejanas a la costa, presentó la misma carga de coliformes totales y termotolerantes. Frente a Corrales, la menor concentración de ambos grupos de bacterias, se obtuvo cerca de la costa. En Puerto

Pizarro se obtuvo la carga máxima de ambos grupos de bacterias, llegando a sobrepasar 2.400 NMP.100 mL⁻¹ en el intermareal, mientras que en el submareal y cerca de 3 mn las cargas fueron inferiores a 3 NMP.100 mL⁻¹ (Tabla 5, Fig. 13).

Las concentraciones de sulfuros se pueden observar en la figura 14, la zona con mayor concentración estuvo frente a Puerto Pizarro y boca Corrales (0,22 μM) y la de menor en El Bendito (0,06 μM) (Tabla 5, Fig. 14).

Los aceites y grasas en superficie, en aguas cercanas a la boca de Chérrez, fueron de 0,63 mg.L⁻¹ disminuyendo hacia aguas alejadas de la costa frente a la misma zona. Las concentraciones mínimas (0,1 mg.L⁻¹) se obtuvieron frente a boca Corrales (Fig. 15).

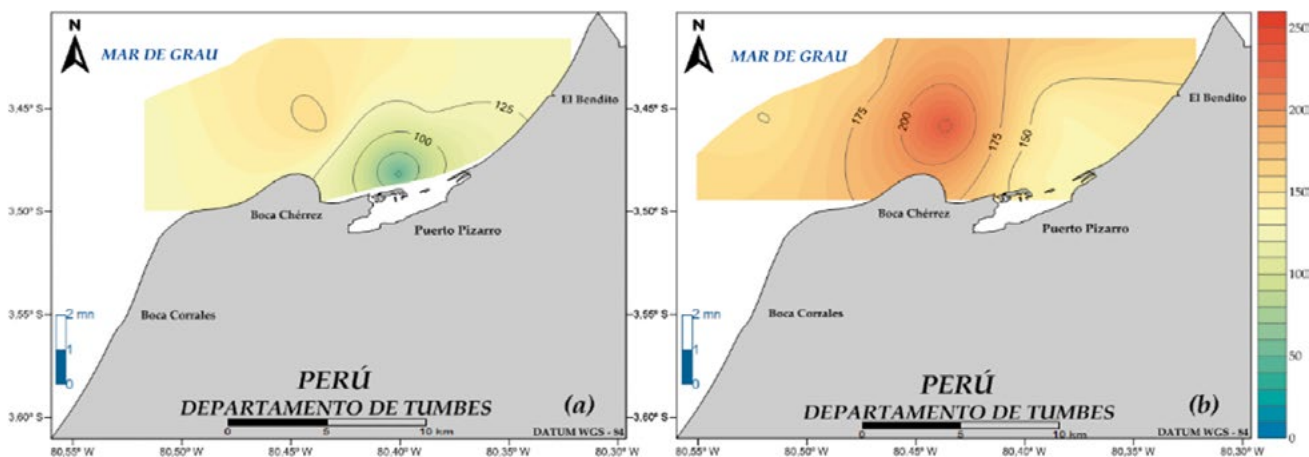


Figura 12.- Sólidos suspendidos totales (mg.L-1) superficiales (a) y de fondo (b), bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

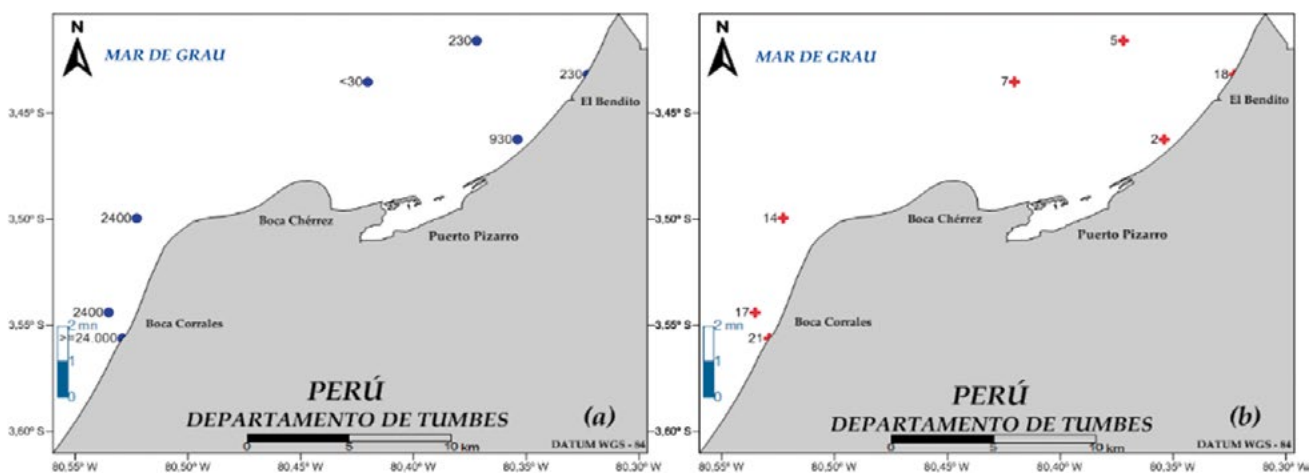


Figura 13.- Coliformes totales (a) y termotolerantes (b) (NMP.100mL⁻¹), bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

Tabla 4.- Comunidad fitoplanctónica del submareal (superficie) e intermareal (playa) en bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

Estaciones	2	5	6	10	11	14	17	18*	20*
Detritus	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Temperatura superficial (°C)	29,0	29,0	28,0	28,0	27,0	27,5	28,0	29,5	30,2
DIATOMEAS									
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	1	0	1	1	0	0	1	0
<i>Amphiprora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>	1	1	1	1	0	0	0	1	1
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cerataulina pelagica</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Chaetoceros affinis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros coarctatus</i>	0	1	0	1	1	0	1	0	1
<i>Coscinodiscus granii</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	1	1	3	4	0	3	1	1	1
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	1	1	2	1	1	1	1	1	1
<i>Cylindroteca closterium</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Detonula conferva</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ditylum brightwellii</i>	0	1	0	1	0	1	0	1	1
<i>Guinardia flaccida</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Guinardia striata</i>	0	1	0	0	1	0	0	1	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Lioloma delicatulum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lithodesmium undulatum</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Navicula</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Odontella alternans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudo-nitzschia</i> f. <i>delicatissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	1	1	0	1	0	0	0	1	0
<i>Rhizosolenia bergonii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia hyalina</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Rhizosolenia robusta</i>	1	0	0	1	0	1	1	1	1
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	1	1	0	1	1	0	0	0	0
<i>Stephanopyxis turris</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	0
DINOFLAGELADOS									
<i>Ceratium breve</i> f. <i>parabellum</i> (AES)	1	1	1	1	1	1	1	0	1
<i>Ceratium buceros</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Ceratium candelabrum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Ceratium dens</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Ceratium falcatifforme</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Ceratium furca</i>	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Ceratium kofoidii</i>	0	1	1	1	1	0	1	0	1
<i>Ceratium longirostrum</i>	1	1	0	0	1	0	1	1	0
<i>Ceratium macroceros</i>	0	0	1	1	0	1	1	0	1
<i>Ceratium massiliense</i>	1	1	0	0	1	1	1	0	1
<i>Ceratium pentagonum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium trichoceros</i>	0	0	1	0	1	0	1	0	1
<i>Ceratium tripos</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Dinophysis caudata</i>	3	1	1	1	1	1	3	1	3
<i>Diplopetopsis minor</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dissodinium asymmetricum</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Goniodoma polyedricum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Gonyaulax spinifera</i>	0	1	1	1	0	0	0	1	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum gracile</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	1
<i>Prorocentrum micans</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	1
<i>Protoperidinium conicum</i>	1	1	1	1	1	0	1	0	0
<i>Protoperidinium crassipes</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Protoperidinium depressum</i>	1	1	1	0	0	1	0	0	0
<i>Protoperidinium divergens</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	0	1	1	0	0	0	0	1	0
<i>Protoperidinium pentagonum</i>	0	1	0	1	0	1	1	0	1
<i>Protoperidinium pyrum</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1
SILICOFLAGELADOS									
<i>Dictyocha fibula</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	1
<i>Octatis octonaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Leyenda: *Estación en intermareal									
AES = Aguas Ecuatoriales Superficiales									
Ausente = 0									
Presente = 1									
Escaso = 2									
Abundante = 3									
Muy abundante = 4									

Tabla 5.- Parámetros de calidad del submareal (superficie y fondo) e intermareal (playa) en bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

Est.	Prof. (m)	SST (mg.L ⁻¹)	Coliformes (NMP.100mL ⁻¹)		H ₂ S-S (μM)	A y G * (mg.L ⁻¹)	HAT ** (μg.L ⁻¹)	Cu (μg.L ⁻¹)	Cd (μg.L ⁻¹)	Pb (μg.L ⁻¹)
			Totales	Termotolerantes						
1	0,0	43,6	-	-	-	0,21	-	9,46	< 0,53	2,17
	7,0	138,4	-	-	0,15	-	-	9,65	< 0,53	0,89
2	0,0	-	93	93	-	0,51	-	10,67	< 0,53	0,92
	8,5	-	-	-	0,11	-	-	13,36	< 0,53	1,76
3	0,0	129,6	-	-	-	0,20	-	8,95	< 0,53	1,19
	5,0	156,0	-	-	0,06	-	-	8,92	< 0,53	< 0,67
4	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0,0	129,2	23	<3	-	-	0,53	13,82	< 0,53	1,24
	14,0	168,0	-	-	0,08	-	-	9,34	< 0,53	1,43
6	0,0	129,2	-	-	-	-	-	-	-	-
	12,0	135,2	-	-	-	-	-	-	-	-
7	0,0	-	<3	<3	-	0,19	0,51	10,69	< 0,53	2,57
	16,5	-	-	-	0,08	-	-	11,19	< 0,53	3,42
8	0,0	153,6	-	-	-	-	-	-	-	-
	231,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0,0	-	-	-	-	0,63	-	5,07	< 0,53	3,23
	5,0	-	-	-	0,10	-	-	7,43	< 0,53	1,85
11	0,0	-	-	-	-	0,19	-	17,22	< 0,53	2,66
	19,0	167,2	-	-	0,17	-	-	11,32	< 0,53	3,46
12	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	0,0	125,6	-	-	-	0,19	0,49	7,41	< 0,53	1,78
	26,0	149,6	-	-	0,15	-	-	12,32	< 0,53	4,09
14	0,0	-	240	21	-	-	-	-	-	-
	15,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	0,0	-	-	-	-	0,10	-	7,59	< 0,53	4,52
	20,0	160,0	-	-	0,13	-	-	7,85	< 0,53	1,91
16	0,0	-	-	-	-	-	0,54	-	-	-
	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	0,0	-	240	21	-	0,11	-	11,61	< 0,53	2,57
	7,6	-	-	-	0,22	-	-	8,03	< 0,53	6,15
18***	0,0	156,0	23	<3	-	-	-	-	-	-
19	0,0	133,2	≥ 2400	≥ 2400	0,22	-	0,37	4,98	< 0,53	4,09
	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20***	0,0	126,4	100	<3	-	-	-	-	-	-

* Aceites y grasas
** Hidrocarburos Aromáticos Totales (unidades de crisenos)
*** Estación en intermareal

Los hidrocarburos aromáticos totales (HAT) en la bahía mostraron concentraciones similares en los extremos norte y sur y, la menor concentración ($0,37 \mu\text{g.L}^{-1}$) se obtuvo en Puerto Pizarro (desembarcadero) observándose que aumentó hacia aguas oceánicas. La máxima concentración ($0,54 \mu\text{g.L}^{-1}$) se obtuvo frente a Boca Corrales cerca de 1,1 mn de la costa (Tabla 5, Fig. 16).

Las concentraciones de cobre total en superficie y fondo (Fig. 17) mostraron promedios de $9,36$ y $9,94 \mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente. Sin embargo, el rango de variación en superficie fue mayor que en fondo. En ambos estratos disminuyó hacia la costa, presentando máxima concentración superficial ($17,22 \mu\text{g.L}^{-1}$) frente a Chérrez (a 3 mn), mientras que en el fondo llegó a $13,36 \mu\text{g.L}^{-1}$ en Puerto Pizarro (Tabla 5).



Figura 14.- Sulfuros de fondo (μM), bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

El cadmio total presentó concentraciones menores a $0,53 \mu\text{g.L}^{-1}$ en todas las estaciones de muestreo en superficie y fondo (Tabla 5).

El plomo total, tuvo concentraciones medias de superficie y fondo muy cercanas ($2,47$ y $2,77 \mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente) pero, con mayor rango de variación en fondo que en superficie (Tabla 5). En la superficie el plomo aumentó hacia el sur, de $0,92 \mu\text{g.L}^{-1}$ al norte de Puerto Pizarro hasta $4,52 \mu\text{g.L}^{-1}$ frente a la boca Corrales y en el fondo presentó concentración menor a $0,67 \mu\text{g.L}^{-1}$ frente a El Bendito (Fig. 18).

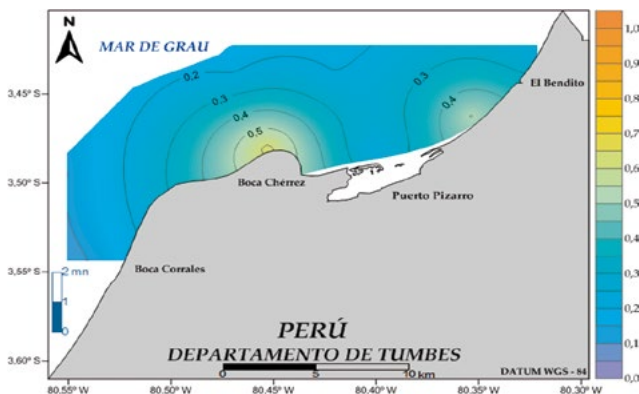


Figura 15.- Aceites y grasas de superficie (mg.L^{-1}), bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

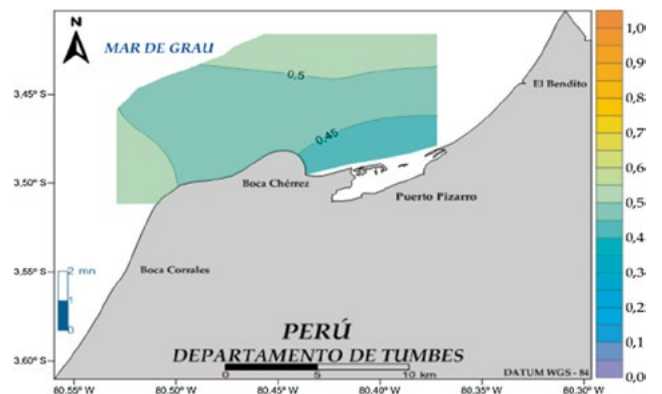


Figura 16.- Hidrocarburos aromáticos totales de superficie ($\mu\text{g.L}^{-1}$), bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

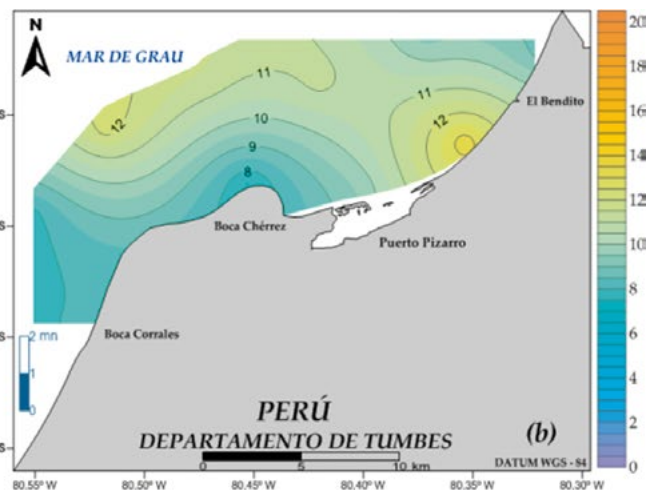
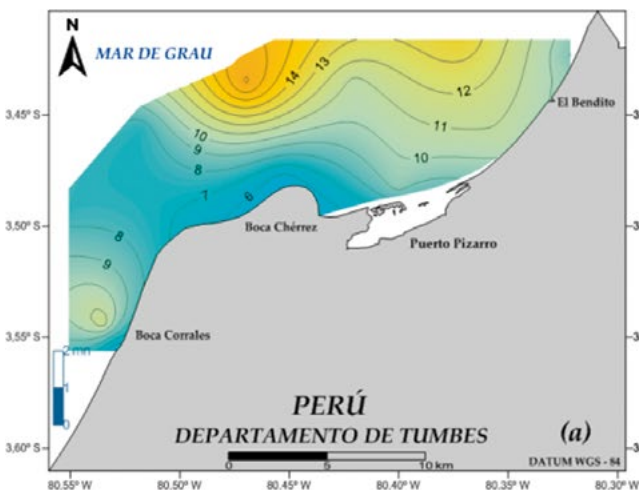


Figura 17.- Trazas de cobre ($\mu\text{g.L}^{-1}$) superficial (a) y de fondo (b), bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

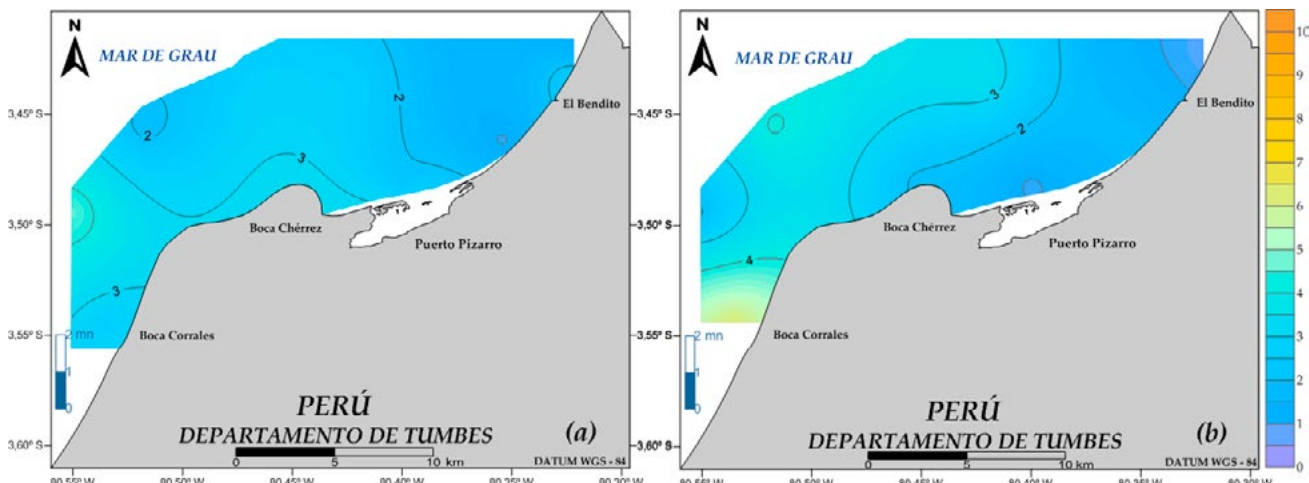


Figura 18.- Trazas de plomo ($\mu\text{g.L}^{-1}$) superficial (a) y de fondo (b), bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

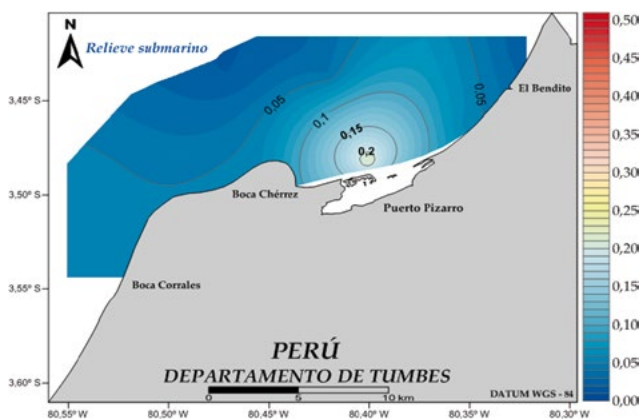


Figura 19.- Hidrocarburos aromáticos totales ($\mu\text{g.g}^{-1}$) del sedimento superficial, bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

Calidad de sedimentos superficiales marinos.-

La concentración de HAT en la superficie del sedimento de la bahía de Puerto Pizarro y zonas cercanas fue menor a $0,07 \mu\text{g.g}^{-1}$, su máxima concentración ($0,22 \mu\text{g.g}^{-1}$) estuvo en el centro de la bahía (Tabla 6), descendiendo hacia aguas oceánicas y también hacia el norte y sur (Fig. 19).

El orden de abundancia de los metales en sedimentos superficiales fue: $\text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Fe} (\%) > \text{Cd}$. Los constituyentes metálicos más abundantes del sedimento superficial en la bahía y zonas aledañas fueron manganeso y zinc, con valores promedios de $192,65$ y $171,43 \mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente; el cadmio tuvo concentraciones más bajas y concentración media de $0,28 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Tabla 6). Las concentraciones medias por zona en la bahía (Fig. 20) mostraron que en Puerto Pizarro, cadmio, plomo, manganeso y hierro alcanzaron las concentraciones máximas ($0,38$; $4,65$; $200,90 \mu\text{g.g}^{-1}$ y $2,25\%$). Corrales presentó la mayor

Tabla 6.- Hidrocarburos aromáticos totales (HAT) y traza de metales del sedimento superficial, bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

Est.	HAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cd ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe (%)	Mn ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
1	0,22	30,58	0,64	5,72	2,62	249,77	195,26
2	0,06	20,7	0,16	3,89	2,13	204,08	169,55
3	0,02	27,46	0,09	0,97	2,08	200,7	232,63
4	-	-	-	-	-	-	-
5	0,07	18,86	0,05	1,32	1,99	194,06	152,57
6	-	-	-	-	-	-	-
7	0,04	33,15	0,27	3,35	2,23	198,5	166,1
8	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-
10	0,06	33,2	0,46	6,16	2,1	226,29	180,87
11	0,02	26,55	0,15	1,69	1,66	146,98	139,64
12	-	-	-	-	-	-	-
13	-	30,72	0,15	3,04	2,36	150,49	151,71
14	-	-	-	-	-	-	-
15	0,06	36,82	0,31	4,53	2,51	181,95	165,01
16	-	-	-	-	-	-	-
17	0,05	41,42	0,32	2,28	1,76	215,09	167,17
18*	-	-	-	-	-	-	-
19	0,07	45,91	0,46	5,63	2,03	151,25	165,26
20*	-	-	-	-	-	-	-

* Estación en intermareal

concentración media de cobre ($36,33 \mu\text{g.g}^{-1}$). El Bendito en cambio, presentó la máxima concentración media de zinc ($192,60 \mu\text{g.g}^{-1}$).

Las concentraciones de cobre y de cadmio total, aumentaron de El Bendito hacia Puerto Pizarro y de sectores alejados de la costa hacia los más cercanos a ella. También hubo aumento gradual de ambos metales desde zonas más profundas hacia la costa frente a la Boca Corrales (Figs. 21, 22).

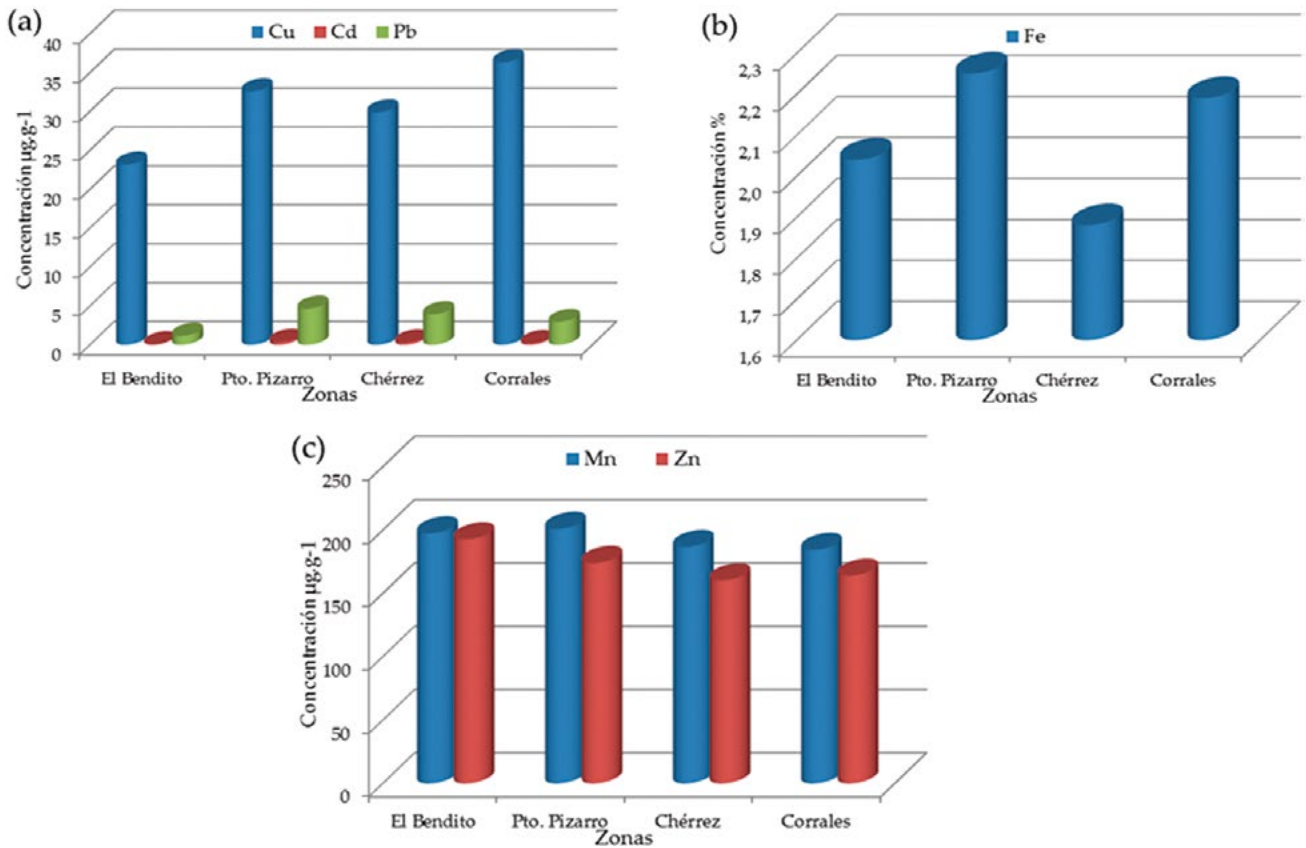


Figura 20.- Trazas medias de metales pesados Cu, Cd y Pb (a), Fe (b), Mn y Zn (c) en los sedimentos superficiales, por zonas, bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

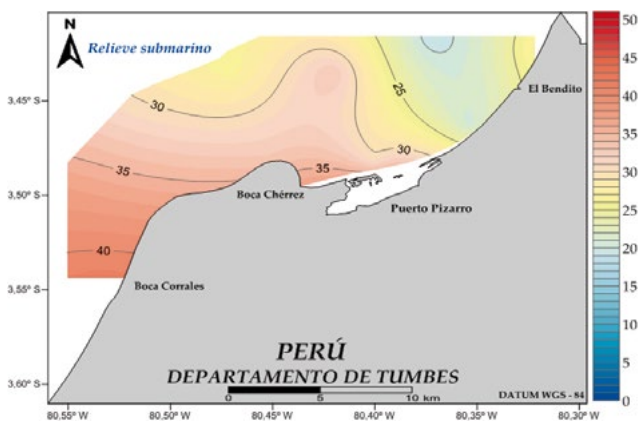


Figura 21.- Cobre (Cu, µg.g⁻¹) del sedimento superficial, bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

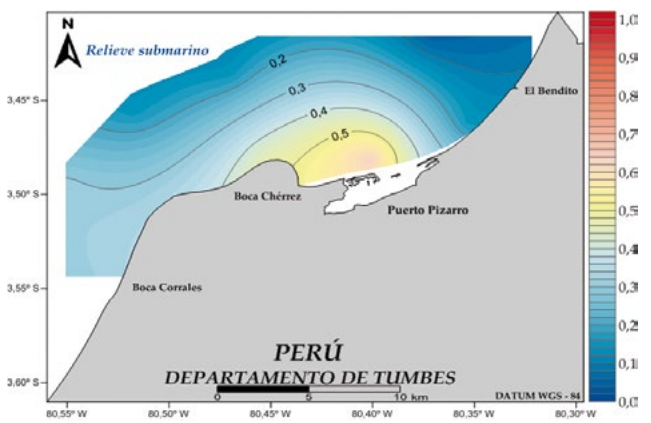


Figura 22.- Cadmio (Cd, µg.g⁻¹) del sedimento superficial, bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

El plomo presentó una de las distribuciones más homogéneas en sedimento marino, con máxima concentración (6,16 µg.g⁻¹) frente a Chérrez, a diferencia del hierro que formó dos núcleos, uno de bajo porcentaje frente a Chérrez y otro de alto frente a Puerto Pizarro. Estos metales tendieron a aumentar desde la zona de El Bendito hacia Puerto Pizarro y de sedimentos superficiales lejanos a la costa hacia los cercanos, frente a Corrales (Figs. 23, 24).

El manganeso y zinc presentaron concentraciones con distribuciones similares frente a Corrales y Chérrez, aumentando desde sectores alejados a la costa hacia los cercanos a ella. Ambos elementos mostraron un núcleo definido en la misma ubicación, de máxima concentración frente a Chérrez. El zinc se distribuyó en mayores concentraciones que el manganeso frente a El Bendito, alcanzando 232,63 µg.g⁻¹ (Figs. 25, 26).

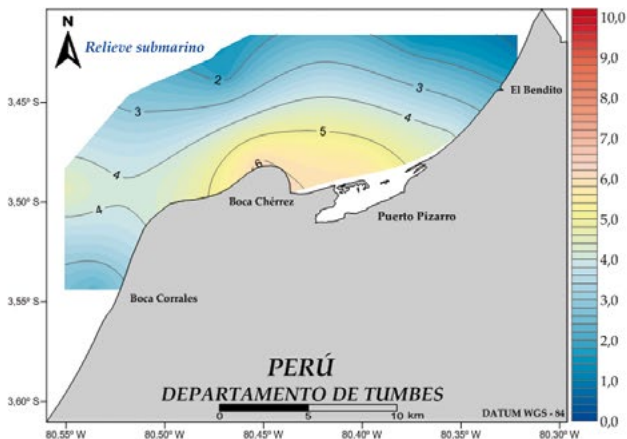


Figura 23.- Plomo (Pb, µg.g⁻¹) del sedimento superficial, bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

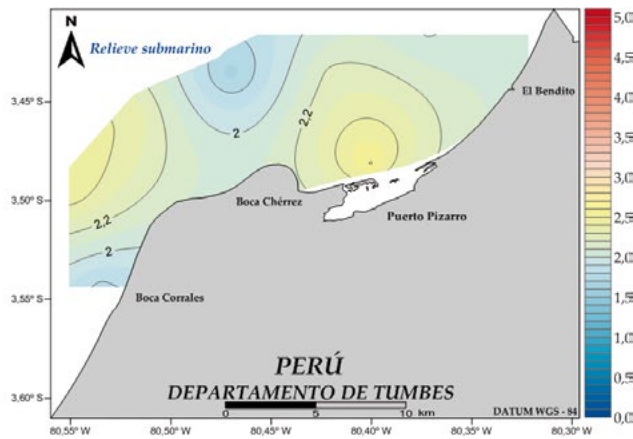


Figura 24.- Hierro (Fe, %) del sedimento superficial, bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

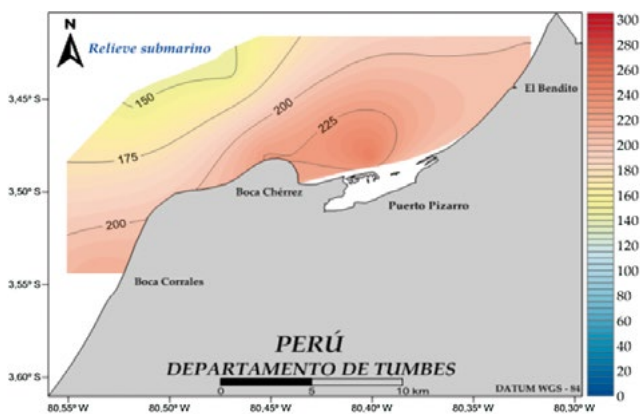


Figura 25.- Manganeso (Mn, µg.g⁻¹) del sedimento superficial, bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009



Figura 26.- Zinc (Zn, µg.g⁻¹) del sedimento superficial, bahía de Puerto Pizarro (Tumbes). Junio 2009

ECOSISTEMA DE MANGLAR

Características físicas y químicas.- Los valores de los parámetros físicos y químicos en los canales de marea se mostraron heterogéneos, aunque en menor medida la temperatura. La temperatura máxima fue 33,0 °C en el canal Soledad el cual también presentó los mayores valores de salinidad y OD. Los fosfatos alcanzaron máxima concentración (9,28 µM) en el canal Puerto 25 y los silicatos llegaron a 109,05 µM en el canal Corrales.

Los nitritos y los nitratos alcanzaron sus máximas concentraciones en el canal El Alcalde (Tabla 7).

Comunidad fitoplanctónica.- Predominaron las diatomeas con 14 especies, siendo *Gyrosigma* sp., la más distribuida. Otras especies con distribución media fueron *Coscinodiscus perforatus* (Ehrenberg), *Lithodesmium undulatum* (Ehrenberg) y *Pleurosigma* sp. Los dinoflagelados, con 7 especies, tuvieron una especie común entre los canales de marea *Ceratum furca* (Ehrenberg) (Tabla 8).

Tabla 7.- Parámetros físico-químicos en los canales de marea del ecosistema de manglar (Tumbes). Junio 2009

Est.	Prof. (m)	T (°C)	Sal. (ups)	OD (mL.L ⁻¹)	PO ₄ ⁻³ (µM)	SiO ₃ ⁻² (µM)	NO ₂ ⁻ (µM)	NO ₃ ⁻ (µM)
1	<1	29,5	20,665	3,82	8,34	81,08	4,24	1,32
2	<1	30,0	30,680	4,70	4,93	109,05	0,64	0,82
3	<1	31,2	28,391	6,15	9,28	75,90	0,95	0,63
4	<1	31,0	13,450	6,19	5,56	102,42	0,45	0,42
5	<1	33,0	34,155	9,08	2,06	52,27	2,87	0,36
6	<1	30,0	31,944	2,72	5,29	60,43	3,57	0,23
7	<1	28,5	33,021	4,27	1,57	49,23	1,89	0,06

Tabla 8.- Comunidad fitoplanctónica en los canales de marea del ecosistema de manglar (Tumbes). Junio 2009

Canales de Marea	El Alcalde	Corrales	Puerto 25	Algarrobo	Soledad	El Bendito
Estación	1	2	3	4	5	6
Detritus	3	0	0	0	3	3
Temperatura (°C)	29,5	30,0	31,2	31,0	33,0	30,0
DIATOMEAS						
<i>Actinocyclus</i> sp.	1	0	0	0	0	1
<i>Amphiprora</i> sp.	0	0	0	0	1	1
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Cerataulina pelagica</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros affinis</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Chaetoceros coarctatus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus granii</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	1	0	1	0	1	0
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Detonula confervoacea</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Ditylum brightwellii</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Guinardia flaccida</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Guinardia striata</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	1	1	1	1	0
<i>Lioloma delicatulum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Lithodesmium undulatum</i>	0	0	1	1	0	1
<i>Navicula</i> sp.	0	0	1	0	1	0
<i>Odontella alternans</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	1	1	1	0
<i>Pseudo-nitzschia cf delicatissima</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia bergonii</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia hyalina</i>	0	0	1	1	0	0
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanopyxis turris</i>	0	0	0	0	0	0
DINOFLAGELADOS						
<i>Ceratium breve v. parallelum</i> (AES)	0	1	0	1	0	0
<i>Ceratium buceros</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium candelabrum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium dens</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium falcatiforme</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium furca</i>	0	1	1	1	0	0
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium kofoidii</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Ceratium longirostrum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium macroceros</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium massiliense</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Ceratium pentagonum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium trichoceros</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium tripos</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis caudata</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Diplopetopsis minor</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Dissodinium asymmetricum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Goniodoma polyedricum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Gonyaulax spinifera</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	0	0	1	0	1	0
<i>Prorocentrum gracile</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium conicum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium crassipes</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium depressum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium divergens</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium pentagonum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium pyrimum</i>	0	0	0	0	0	0
SILICOFLAGELADOS						
<i>Dictyocha fibula</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Octatis octonaria</i>	0	0	0	0	0	0

Leyenda: AES = Aguas Ecuatoriales superficiales
Ausente = 0, Presente = 1, Escaso = 2, Abundante = 3, Muy Abundante = 4

Calidad del agua.- Las variables mostraron concentraciones heterogéneas, excepto la carga de coliformes totales y la concentración de cadmio total. El canal Puerto 25 tuvo la mayor concentración de SST (314 mg.L^{-1}); el canal Corrales tuvo la mayor carga de coliformes termotolerantes ($>2.400 \text{ NMP.100 mL}^{-1}$), el canal El Alcalde tuvo la mayor concentración de sulfuros ($1,79 \text{ }\mu\text{M}$), así como de aceites y grasas ($0,71 \text{ mg.L}^{-1}$). Por último, en el canal Soledad se reportó la mayor concentración de cobre ($9,15 \text{ }\mu\text{g.L}^{-1}$) y plomo ($4,36 \text{ }\mu\text{g.L}^{-1}$) totales. Las concentraciones de cadmio total en todos los canales fueron menores a $0,53 \text{ }\mu\text{g.L}^{-1}$ (Tabla 9).

Calidad de sedimentos superficiales.- Los metales más abundantes fueron el manganeso y el zinc, este último tuvo los valores más homogéneos; mientras que el cadmio y plomo tuvieron concentraciones heterogéneas. En el canal Soledad se encontraron los valores más bajos de plomo, hierro y manganeso y en el Algarrobo se obtuvieron los máximos valores de hierro y manganeso (Tabla 10).

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Existe una constante y estrecha relación entre el mar de la bahía de Puerto Pizarro y los canales de marea del ecosistema de manglar, debido al efecto de las mareas, las cuales propician la mezcla de aguas entre el mar, ríos y efluentes, generándose intercambio de materiales y elementos benéficos así como perjudiciales para el desarrollo de los organismos y también para la salud del hombre. Estaba una zona que sirve como fondeadero y tránsito de embarcaciones pesqueras artesanales, y constituye una importante zona de pesca y extracción de muchos recursos hidrobiológicos.

La actividad pesquera artesanal y el comercio de los productos desembarcados, principalmente en la localidad de Puerto Pizarro, genera constantemente grandes cantidades de desechos orgánicos e inorgánicos (restos de recursos hidrobiológicos; residuos sólidos, aceites y combustibles de las embarcaciones), sumándose a la descarga directa de aguas residuales domésticas por medio de canaletas.

Tabla 9.- Parámetros de calidad en los canales de marea del ecosistema de manglar (Tumbes). Junio 2009

Est.	Prof. (m)	SST (mg.L^{-1})	Coliformes (NMP.100mL^{-1})		$\text{H}_2\text{S-S}$ (μM)	A y G (mg.L^{-1})	Cu ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Cd ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
			Totales	Termotolerantes					
1	<1	115,3	≥ 2400	93	1,79	0,71	5,03	< 0,53	3,26
2	<1	78,5	≥ 2400	≥ 2400	0,37	0,29	4,53	< 0,53	2,29
3	<1	314,0	≥ 2400	7	1,74	0,10	6,51	< 0,53	2,35
4	<1	294,0	≥ 2400	43	1,50	0,11	7,05	< 0,53	4,30
5	<1	285,3	≥ 2400	150	0,76	0,65	9,15	< 0,53	4,36
6	<1	239,33	≥ 2400	<3	0,20	0,29	5,14	< 0,53	1,88
7	<1	122	≥ 2400	120	0,19	0,29	7,84	< 0,53	4,35

Tabla 10.- Parámetros de calidad del sedimento superficial en los canales de marea del ecosistema de manglar (Tumbes). Junio 2009

Est.	HAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cd ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe (%)	Mn ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
2	0,04	36,34	0,08	1,92	2,11	189,39	171,97
3	0,20	38,85	0,13	3,33	2,09	199,57	151,97
4	0,08	34,60	0,13	1,67	2,30	239,83	152,31
5	0,01	44,30	0,09	0,92	1,73	158,28	141,63
6	0,02	39,91	0,08	1,37	1,75	158,44	140,74
7	0,02	41,16	0,33	5,74	1,91	175,39	176,76

En los canales de marea no existe un constante tránsito de embarcaciones motorizadas debido a sus bajas profundidades y estrechos cauces, pero se identificó como una potencial fuente de contaminación a la actividad dirigida al turismo en embarcaciones motorizadas menores (“peke peke”).

La bahía y los canales de marea reciben un impacto negativo proveniente de los ríos Tumbes y Zarumilla, los que a su vez son afectados por las aguas residuales urbanas, residuos sólidos de lenta degradación (principalmente plásticos diversos), vertidos de contaminantes provenientes de la minería, (extracción de oro en las cuencas altas y medias de ambos ríos), aguas de drenaje de campos agrícolas y de cultivo de langostinos, a través de sus efluentes. Toda la interconexión de esta compleja, pero importante red acuática entre ecosistemas, siempre implicará un alto riesgo que debe conocerse y asumirse, ya que donde fuera que sucediera un evento perjudicial, por cualquier actividad mencionada, este se propagaría con gran eficacia hacia las demás partes. Cabe mencionar que los impactos se pueden intensificar cada año durante los períodos de avenida, especialmente en el mar, por ejemplo, durante un evento “El Niño”.

La bahía presentó poca profundidad y sedimentos superficiales mayormente de tipo arcillo-limoso, debido a que los ríos Tumbes y Zarumilla, junto con los canales de marea, aportan material terrígeno producto de la erosión y lixiviación de sus cauces y riveras adyacentes, con mayor intensidad durante el periodo de avenida (enero – mayo). La batimetría de la bahía mostró que las isóbatas presentaron un patrón semejante a la línea costera. MONTERO y AGURTO (2009c) hallaron la isóbata de 20 metros ubicada cerca de 3,9 mn de la costa; sin embargo, en este estudio, la misma isóbata se obtuvo casi a 3 mn de la costa, lo cual se debió a la mayor cantidad de estaciones dentro del área de la bahía.

Las corrientes oceánicas son muy importantes en la distribución de los contaminantes (Comisión OSPAR 2000). Las corrientes superficiales (CS) en la bahía presentaron variabilidad en su dirección cerca de la costa, con un estado del

mar frecuentemente de tipo 1 o “mar rizada”, según la escala de Douglas². Las CS se dirigieron hacia el sureste por efecto de los vientos locales; mientras que, en el centro de la bahía, presentaron dirección sur. Las CS con mayor velocidad ($15,6 \text{ cm.s}^{-1}$) se ubicaron cerca del centro de la bahía, frente a la boca de Chérrez, en zonas con profundidades entre 15 y 18 metros; pero, en el resto de superficie el flujo medio fue de $5,5 \text{ cm.s}^{-1}$. LÓPEZ (2010) obtuvo velocidades menores, con promedio de $0,19 \text{ cm.s}^{-1}$ frente a El Bendito y Puerto Pizarro, con un estado de mar 1, pero con ráfagas de vientos con inferior velocidad.

La transparencia aumentó hacia aguas alejadas de la costa, mostrando un corto rango de variación (0,4 a 5 m). Esto se debió a que cerca de la costa hubo mezcla con aguas turbias provenientes de los canales de marea y ríos, que sumado a la acción de los vientos locales, ocasionaron procesos de mezcla en zonas de baja profundidad. En zonas con profundidades menores a 10 m se obtuvieron transparencias mínimas (2 m).

La temperatura mostró su mayor rango de variación en el fondo, en donde las isoterms se distribuyeron en forma casi paralela a la costa, disminuyendo su valor hacia mayores profundidades. Por el contrario, la salinidad presentó rango de variación más amplio en la superficie, con promedios de superficie y fondo similares. Las aguas con mayor salinidad (de 34 a 35 ups) y menor temperatura provinieron del noroeste, profundizándose en el norte.

La mayor parte del área evaluada en la bahía de Puerto Pizarro presentó profundidades menores a 20 metros (Fig. 2) y hubo presencia de un núcleo de aguas superficiales con baja salinidad frente a la desembocadura del río Tumbes, en una zona somera (7 m de profundidad) y también presencia de aguas con baja salinidad frente a la boca de Corrales (Fig. 6); no obstante, los datos de temperatura y salinidad superficial y de fondo en zonas alejadas indicaron la presencia de ATS, las cuales pueden presentar temperatura superior a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y salinidad menor a 33,8 ups, y en menor medida de AES que se caracterizan por tener salinidad menor a 34,8 ups (ZUTA & GUILLEN 1970).

1 https://cetaceos.webs.ull.es/documentos/METODOLOGIAS/escalas_Beaufort%20y%20Douglas.pdf

El oxígeno disuelto (OD) tuvo poca variación superficial, pero en el fondo su rango de variación se amplió de forma semejante a la temperatura de fondo, presentando en este nivel altas concentraciones asociadas a aguas más cálidas (menos profundas). Las concentraciones cerca de la orilla fueron propias de la zona de rompiente. MONTERO (2007, 2013) en 2006 y 2007, obtuvo concentraciones medias de 4,87 y 4,90 mL.L⁻¹, respectivamente, en El Bendito, valores muy cercanos a los obtenidos en este estudio.

Las concentraciones medias del OD en la bahía de Puerto Pizarro, superaron el nivel de calidad establecido por los estándares de calidad ambiental para agua (ECA), Categoría 4 (MINAM 2008). Sin embargo, hubo zonas donde las aguas de fondo no presentaron tal cualidad como sucedió a 3 mn frente a El Bendito, Puerto Pizarro y Corrales, con profundidades mayores a 10 metros. Con base a las bajas concentraciones, sin importar la baja profundidad media, la mayor parte del área evaluada del fondo de la bahía no clasificó como un medio óptimo para la supervivencia y el crecimiento de los organismos superiores, según PERKINS (1976) quien indica que en ambientes estuarinos el OD debe fluctuar entre 5,3 y 8,0 mg.L⁻¹ (3,7 y 5,6 mL.L⁻¹).

En la capa superficial frente a la desembocadura del río Tumbes abundaron los fosfatos (>3 µM), silicatos (>100 µM) y nitritos (>0,3 µM), los nitratos abundaron frente a Puerto Pizarro y Chérrez (>7,5 µM), debido al aporte del río Tumbes, cuyas aguas desembocan en la bahía. En fondo, los fosfatos tuvieron altas concentraciones (>3 µM) frente a El Bendito, Chérrez y Corrales, mientras que silicatos, nitritos y nitratos aumentaron en concentración en aguas más profundas, debido a los procesos bio-geoquímicos de cada nutriente, convirtiéndose en reserva alimentaria para la comunidad fitoplanctónica de la columna de agua.

Las condiciones físicas y químicas de la superficie en la bahía de Puerto Pizarro favorecieron, casi por igual, la riqueza de especies tanto de diatomeas como de dinoflagelados; sin embargo, la mayoría de las especies de fitoplancton tuvieron baja distribución y abundancia (1 o "presentes"). Los dinoflagelados presentaron mayor número de especies con mayor distribución que las diatomeas, 12 y 6, respectivamente. Las especies

de diatomeas con mayor distribución fueron *C. perforatus* y *C. wailesii*, siendo la primera especie la más abundante (Pto. Pizarro, Chérrez y Corrales), asociada a temperaturas entre 27 y 28 °C y a un amplio rango de salinidad (31,8 – 34,6 ups); otras especies como *B. delicatulum* y *Rhizosolenia robusta*, presentaron moderada distribución, pero baja abundancia. Por otra parte, las especies de dinoflagelados con amplia distribución fueron *C. breve f. parallelum*, *C. dens*, *P. pyrum*, *C. furca* y *D. caudata*, esta última con la mayor abundancia (Pto. Pizarro y Corrales) asociada a temperaturas entre 28 y 30,2 °C y un rango bastante amplio de salinidad (25,6 – 34,6), siendo más tolerante que *C. perforatus* (diatomea); otros dinoflagelados tales como *Ceratiun kofoidii*, *C. masiliense* y *P. conicum* presentaron distribución moderada, pero con baja abundancia.

Los científicos usan el término "Harmful Algae Bloom" o "HAB" (Floraciones Algales Nocivas o FAN en español) para referirse al fenómeno de florecimiento que contenga toxinas o que cause impactos negativos en la cadena trófica (RIVERA 2005). Las diatomeas formadoras de FAN tales como *Pseudonitzschia cf. delicatissima* y *P. pungens* tuvieron escasa distribución y abundancia, no así las especies de dinoflagelados, tales como *Dinophysis caudata* y *Gonyaulax spinifera*, pues la primera tuvo distribución total y la segunda estuvo presente en El Bendito; por su parte *Prorocentrum crassipes* tuvo baja distribución.

El género *Prorocentrum* es uno de los más importantes por el número de especies identificadas como tóxicas o potencialmente tóxicas y por su abundancia en el medio natural (Como se cita en MANCERA – PINEDA *et al.* 2014, pág. 141). Este género, ha sido registrado en la bahía de Paita (GONZALES *et al.* 2006a, b) y también fue hallado en la bahía de Puerto Pizarro, pero con poca distribución y abundancia en el norte (El Bendito), debido a su poca afinidad con las condiciones físico-químicas propias de la zona y del periodo de estudio, minimizando así el riesgo de contaminación por biotoxinas en la bahía y su propagación en los canales de marea.

En el ecosistema de manglar la temperatura y la salinidad presentaron rangos con amplitudes mayores a los obtenidos en la bahía, así como valores más heterogéneos. En este ecosistema destacó el canal de marea Soledad por presentar

la temperatura superficial más alta (33,0 °C), debido a su exposición a la radiación solar; así como la salinidad máxima de todos los canales de marea (34,155 ups), debido al estancamiento y evaporación de sus aguas. MONTERO (2007, 2008) y MONTERO y AGURTO (2009a) obtuvieron valores de salinidad que superaron los 40,000 ups en el canal Soledad, por lo que se le puede considerar como hipersalino, al menos en el tramo evaluado.

En los canales de marea el OD presentó concentración media (5,28 mL.L⁻¹) cercana a la obtenida en la superficie de la bahía (5,16 mL.L⁻¹). El canal de marea con la máxima concentración de OD (9,08 mL.L⁻¹) fue el Soledad, ocasionado por una alta actividad fotosintética en horas de la tarde cuando se efectuó la recolección de las muestras. En cambio, el canal El Bendito presentó la menor concentración (2,72 mL.L⁻¹) similar a lo obtenido por MONTERO y AGURTO (2009a) en el mismo canal (2,37 mL.L⁻¹), siendo este el único canal que no cumplió con el ECA (Categoría 4); este canal además, sería un ambiente no óptimo para la vida y crecimiento de los organismos, según PERKINS (1976).

En similitud con la bahía, tal como obtuvieron MONTERO y AGURTO (2009d), en los canales de marea, los silicatos presentaron altas concentraciones, mientras que los nitritos las mínimas. Los fosfatos, silicatos y nitritos en los canales de marea presentaron concentraciones medias notablemente mayores que en las aguas de la bahía, lo que evidencia que el ecosistema de manglar presentó mayor carga de materia orgánica en descomposición, abundante material sílico-arcilloso y una alta tasa metabólica de las bacterias nitrificantes, condiciones que indican en conjunto alta eutrofización.

El fitoplancton de los canales de marea estuvo representado por diatomeas (14 especies) que se debió a la alta concentración de silicatos. Los canales de marea con la mayor riqueza fueron: Algarrobo, Puerto 25, Corrales y Soledad al verse favorecido temperaturas de alrededor de 30 °C y concentraciones de fosfatos y silicatos. En este hábitat salobre las diatomeas y dinoflagelados tuvieron poca abundancia (nivel 1 o presentes), así como pobre distribución, excepto *Gyrosigma* sp. y *C. furca*. La diatomea *P. cf. delicatissima* y el dinoflagelado *D. caudata*, ambas formadoras de

FANs, también presentaron poca abundancia y distribución, por lo que, al igual que en la bahía, tampoco hubo las condiciones para el desarrollo de contaminación por toxinas.

En la bahía de Puerto Pizarro y en los canales de marea, se observó que las concentraciones medias de sulfuros, cadmio, cobre y plomo total cumplieron con las exigencias de calidad, según los ECA (Categoría 4). El orden de abundancia de los metales en la bahía como en los canales de marea, según sus concentraciones medias fue: Cd < Pb < Cu, lo cual mostró la estrecha relación entre la bahía de Puerto Pizarro y los canales de marea.

La concentración de aceites y grasas en la bahía de Puerto Pizarro y en los canales de marea fue inferior al límite indicado por ECA, Categorías 2 (1 - 2 mg.L⁻¹) y 4 (1 mg.L⁻¹). En marzo y agosto de 2005, GONZALES *et al.* (2006a, 2006b) obtuvieron concentraciones de aceites y grasas por debajo de 1 mg.L⁻¹ en la bahía de Paita, atribuido a la minimización de las descargas (industriales y domésticas) al medio marino y al efecto causado por la dinámica de las corrientes de la zona. Las bajas concentraciones de aceites y grasas en la bahía de Puerto Pizarro y canales de marea indicarían que las descargas domésticas y las actividades pesquero - artesanales y acuícolas tuvieron mínimo aporte en los días evaluados.

Los SST en la bahía (promedio 125 mg.L⁻¹) en superficie, 163,2 mg.L⁻¹ en fondo, y en los canales de marea (promedio 196,9 mg.L⁻¹) sobrepasaron el límite establecido en el ECA (Categoría 4), debido a los aportes del río Tumbes y efluentes acuícolas (langostinos), los cuales aportan constantemente volúmenes considerables de material terrígeno, detritus y nutrientes indispensables para el desarrollo de una variada comunidad fitoplanctónica, otorgando al agua un intenso color verde. En otras bahías del sur del litoral peruano, tales como Huarmey, JACINTO *et al.* (2008) obtuvieron concentraciones dominantes de 15 mg.L⁻¹ en superficie y 25 mg.L⁻¹ en fondo, considerados valores normales en zonas con poca influencia humana o en periodos de veda, en que las plantas pesqueras disminuyen el volumen de sus efluentes, por lo que las altas concentraciones de SST en la bahía de Puerto Pizarro y en los canales de marea indicarían mayor eutrofización por causas naturales e impacto de actividades antropogénicas, principalmente la acuicultura.

Las concentraciones de sulfuros en el fondo de la bahía no superaron los $0,22 \mu\text{M}$ frente a Puerto Pizarro y Corrales. Concentraciones de sulfuros mayores a $1 \mu\text{M}$, en algunos canales de marea, pudieron originarse debido al aporte de material orgánico, derivado de las descargas de los efluentes de los estanques de cultivo. Sin embargo, en algunos canales de marea la producción de sulfuros también se pudo intensificar debido al estancamiento de sus aguas y a la descomposición de la materia orgánica acumulada en el fondo de los canales de marea que es descompuesta por bacterias sulfato-reductoras. ORDINOLA *et al.* (2010a) identificaron olor característico a sulfuro de hidrógeno (materia orgánica en descomposición) en algunos canales de marea con alto aporte de cobertura vegetal y parcial estancamiento de sus cauces, como el caso del canal El Bendito.

El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) de Chile, en 1999, determinó, a través de estudios de línea base, el valor referencial de $1,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ de hidrocarburos en agua, siendo aquel el valor límite para aguas no contaminadas por estas sustancias (BONERT *et al.* 2008). Por otra parte, la normativa ambiental nacional (ECA) estipula que la concentración de aceptabilidad para los hidrocarburos aromáticos totales (HAT) de petróleo es de 7 a $10 \mu\text{g.L}^{-1}$ para la Categoría 2; pero, debe ser ausente para la Categoría 4. Con base a las normativas ambientales mencionadas y a las bajas concentraciones de HAT ($0,37$ a $0,54 \mu\text{g.L}^{-1}$) en las aguas superficiales de la bahía de Puerto Pizarro el impacto por estas sustancias, sobre la calidad del agua, fue bajo.

Las aguas de orilla, cercanas al desembarcadero artesanal de Puerto Pizarro, sobrepasaron los límites de concentración de coliformes totales y termotolerantes (fecales) establecidos por los ECA (Categorías 2 y 4), por influencia de aguas residuales urbanas, donde las condiciones de salubridad y sanidad ambiental fueron deficientes.

En los canales de marea las concentraciones de coliformes totales no variaron manteniéndose con un valor superior a $2.400 \text{ NMP.100 mL}^{-1}$, mostrando que en este ecosistema, ese grupo de bacterias encontraron mejores condiciones

para su desarrollo, resistiendo las fluctuaciones de salinidad, y fueron beneficiadas por las altas temperaturas y altas concentraciones de nutrientes, a diferencia de las aguas de la bahía. El canal de marea Corrales presentó la mayor concentración para coliformes totales y termotolerantes ($2.400 \text{ NMP.100 mL}^{-1}$), posiblemente debido a la influencia de las aguas del río Tumbes, con el cual tiene estrecha conexión y en donde también desembocan aguas residuales domésticas.

En los sedimentos superficiales de la bahía los metales cobre, cadmio, hierro y plomo mostraron incremento en sus concentraciones hacia Puerto Pizarro y frente a la desembocadura del río Tumbes (Chérrez). Manganeso y zinc presentaron mayores concentraciones en sectores con profundidades bajas, frente a Puerto Pizarro, desembocadura del río Tumbes y cercanos a la orilla frente a El Bendito, respectivamente. Según el criterio planteado por ACOSTA *et al.* (2002) este enriquecimiento sectorizado de metales en las diferentes zonas de la bahía estaría directamente relacionado con la afinidad de los metales para acumularse y ser transportados por los sólidos suspendidos provenientes de los ríos Tumbes y Zarumilla, ya que los ríos son unos de los principales vehículos de transporte, así como receptores de metales pesados, hacia las regiones marino costeras, y de los canales de marea ricos en material orgánico suspendido el cual también presenta alta afinidad de acumulación de metales, sumado a la dinámica de las corrientes marinas dominantes en la zona.

Las concentraciones medias de cadmio, plomo, hierro, manganeso y zinc de los sedimentos de los canales de marea, fueron menores a las obtenidas en la bahía de Puerto Pizarro, lo que demostraría que la bahía recibió estos metales de los canales de marea y los ríos (Tumbes y Zarumilla) ya que los metales traza son transportados junto con el material suspendido (ACOSTA *et al.* 2002). Sólo el cobre tuvo concentración media superior en los canales de marea que en la bahía, posiblemente porque dicho metal es componente de alguicidas (sulfato de cobre) usados en las prácticas de cultivos intensivos de langostino desde hace varios años. La concentración media de hidrocarburos aromáticos totales ($0,06 \mu\text{g.g}^{-1}$) fue similar a la obtenida en la bahía ($0,07 \mu\text{g.g}^{-1}$),

destacando el mayor valor (Tabla 10) en el canal Puerto 25, lugar donde existe desembarque de recursos hidrobiológicos del manglar (peces e invertebrados) y donde se identificó el empleo de embarcaciones motorizadas menores.

En los sedimentos superficiales de la bahía, las concentraciones de cobre (Cu), en todas las estaciones, sobrepasaron el nivel de efecto umbral ($18,7 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) de la normativa canadiense para sedimento; sin embargo, cerca de la costa frente a Corrales y en el fondeadero de embarcaciones artesanales en Puerto Pizarro el Cu también sobrepasó el rango de efecto bajo ($34 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) (Tabla 11a), indicando que los organismos en esas zonas podrían presentar efectos adversos. El hierro (Fe) tuvo un porcentaje medio mayor al nivel de efecto más bajo (2%), indicando que los sedimentos podrían considerarse limpios (Tabla 11b). Por su parte, el zinc (Zn) tuvo concentraciones mayores a su rango de efecto bajo ($150 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) en casi todas las estaciones.

En todos los canales de marea, el Cu sobrepasó el rango de efecto bajo, indicando un mayor

impacto por este elemento en el ecosistema de manglar, respecto a la bahía de Puerto Pizarro. En los canales de marea Corrales, Puerto 25 y El Algarrobo el Fe alcanzó niveles ligeramente superiores al nivel de efecto más bajo, mientras que el Zn superó su nivel de efecto bajo ($150 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) en los canales El Alcalde, Corrales, Puerto 25, Algarrobo, Soledad, El Bendito y El Jelí.

Agradecimientos

Sinceros agradecimientos a los ingenieros pesqueros Edgard López y Elmer Ordinola, al Blgo. Pesq. Manuel Vera, y a la Quím. Karina Agurto, todos profesionales del LC Tumbes, por sus participaciones en campo y en los análisis químicos de agua. A la Dra. Guadalupe Sánchez y a la Blga. Rita Orozco, por su apoyo logístico, a los ingenieros Aida Henostroza, Manuel Guzmán y al Lic. Roberto Martínez (UMGMC, IMARPE Callao), por la determinación de los parámetros de contaminación en agua y sedimentos, al Ing. Quím. Luis Beltrán (LC Paita) por la determinación de salinidad y al Blgo. Sergio Bances (LC Lambayeque) por el análisis del fitoplancton.

Tabla 11a.- Valores guías para estimar la calidad de sedimentos marinos

Metal	Unidad	Nivel			
		U (1)*	REB (2)**	NEP (3)*	REM (4)**
Cobre (Cu)	($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	18,7	34	108	270
Cadmio (Cd)	($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	0,7	1,2	4,2	9,6
Plomo (Pb)	($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	30,2	46,7	112	218
Zinc (Zn)	($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	124	150	271	410

Leyenda:

(1): Nivel de efecto Umbral; (2): Rango de efecto bajo; (3): Nivel de efecto probable; (4): Rango de efecto medio

Fuentes: * Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life

** LONG *et al.* (1995)

Tabla 11b.- Valores guías para estimar la calidad de sedimentos marinos

Metal	Unidad	Nivel	
		NEMB (1)*	NES (2)*
Cobre (Cu)	($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	16	110
Cadmio (Cd)	($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	0,6	10
Plomo (Pb)	($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	31	250
Hierro (Fe)	(%)	2	4
Manganeso (Mn)	($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	460	1100
Zinc (Zn)	($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	120	820

Leyenda:

(1): Nivel de efecto más bajo; (2): Nivel de efecto severo

Fuente: * PERSAUD *et al.* (1993)

REFERENCIAS

- ACOSTA V, LODEIROS C, SENIOR W, MARTÍNEZ G. 2002. Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencia*. 27(12): 686-690. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33907507>> Acceso 24/07/2019
- APELLA M, ARAUJO P. 2005. Microbiología de agua. Conceptos básicos. Argentina. <https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/02_Capitulo_02.pdf> Acceso 23/02/2010.
- American Public Health Association APHA. 1999. Standard methods for the examination of water and waste water, 20th ed. Part. 2540D. American Public Health Association, Washington, DC. 220-222 <https://www.researchgate.net/profile/Arif_Reza/post/Can_you_give_me_the_APHA_method_for_trace_metal_analysis/attachment/59d63565c49f478072ea35b5/AS%3A273663767580673%401442257934916/download/standard+methods+for+the+examination+of+water+and+wastewater+%281000-3000%29.pdf> 24/07/2019
- BONERT C, PINTO L, ESTRADA R. 2008. Hidrocarburos antropogénicos en el área de canales exteriores y Moraleda, XI Región, Chile. *Ciencia y Tecnología del Mar*. 31(1): 45-51. <http://www.cona.cl/ctmol2/vol31-1/ART%20137_Bonert.pdf> Acceso: 20/04/2012
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. 2001. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Summary Tables. 5 p <https://www.elaw.org/system/files/sediment_summary_table.pdf> Access: 21/07/2019
- CARRIT D, CARPENTER J. 1966. Comparison and Evaluation of the Winkler Method for determination Dissolved Oxygen in Seawater. *Jour. Of Marine Research*. Vol. 24(92): 286-318.
- COMISIÓN OSPAR. 2000. Contaminación de sedimentos costeros. Quality Status Report, Chapter 4 (Chemistry). 108 pp <https://qsr2010.ospar.org/media/assessments/QSR_2000.pdf> Acceso: 10/05/2010
- GONZALES I, BELTRÁN L, ANTONIETTI E, JACINTO M E, OROZCO R. 2006a. Evaluación de la Calidad Marina y mareas rojas en la bahía de Paita, marzo del 2005. *IMARPE Piura. Inf. Prog. Interno*. 18 pp.
- GONZALES I, BELTRÁN L, ANTONIETTI E, JACINTO M E, OROZCO R. 2006b. Evaluación de la Calidad Marina y mareas rojas en la bahía de Paita, agosto del 2005. *IMARPE Piura. Inf. Prog. Interno*. 16 pp.
- JACINTO M E, CABELLO R, OROZCO R. 2008. Calidad Ambiental en el área marino costera de Huarney, Región Áncash, Perú, marzo, 2002. *Inf Inst Mar Perú* 35 (1): 49-58. <<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/1851>> Acceso: 20/04/2010
- LONG E, McDONALD D, SMITH L, CALDER F. 1995. Incidence of adverse biological effects whitening ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environ. Manage.* 19: 81-97. <https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/tmdl/records/región_9/2008/ref2796.pdf> Acceso: 20/04/2018
- LÓPEZ E. 2010. Identificación y caracterización de áreas propicias para el desarrollo de la maricultura en el litoral de la Región Tumbes, sector La Cruz – Acapulco. 5 al 9 de mayo, 2009. *IMARPE Tumbes. Inf. Interno Anual*. 30 pp.
- MANCERA-PINEDA J, MONTALVO-TALAIGUA M, GAVIO B. 2014. Dinoflagelados potencialmente tóxicos asociados a material orgánico flotante (Drift) en San Andrés Isla, Reserva Internacional de la Biosfera – Seaflower. *Caldasia* 36 (1): 139-156 <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322014000100010&lng=en&nrm=iso> Acceso: 20/02/2010
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. 2008. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. 2008. Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. *Normas Legales, es El Peruano*. <<http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-002-2008-minam/>> Acceso. 20/02/2010
- MONTERO P. 2007. Calidad Ambiental de los Ecosistemas Acuáticos de la Región Tumbes, 2006. *IMARPE Tumbes. Inf. Interno Anual*. 35 pp.
- MONTERO P. 2008. Evaluación de las Características Oceanográficas y de Calidad del Ambiente Marino Costero de Tumbes y norte de Piura. *IMARPE Tumbes. Inf. Interno I trim.* 2008. 12 pp.
- MONTERO P. 2013. Calidad Ambiental de los Ecosistemas Acuáticos de la Región Tumbes, 2007. *Inf Inst Mar Perú*. 40 (3-4). 240-253. <<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2242>> Acceso 20/04/2018
- MONTERO P, AGURTO K. 2009a. Calidad Ambiental de los Ecosistemas Acuáticos de la Región Tumbes, 2008. *IMARPE Tumbes. Inf. Interno Anual*. 40 pp.
- MONTERO P, AGURTO K. 2009b. Evaluación de las Características Oceanográficas y de Calidad del Ambiente Marino Costero de Tumbes y norte de Piura. *IMARPE Tumbes Inf. Interno II trim.* 2008. 17 pp.
- MONTERO P, AGURTO K. 2009c. Evaluación de las Características Oceanográficas y de Calidad del Ambiente Marino Costero de Tumbes y norte de Piura. *IMARPE Tumbes. Inf. Interno, III trim.* 2008. 21 pp.
- MONTERO P, AGURTO K. 2009d. Características Ambientales del hábitat de *Anadara tuberculosa* “concha negra” del Ecosistema de Manglar, Región Tumbes, Perú. *Abril 2009. IMARPE Tumbes. Inf. Interno*. 27 pp.
- ORDINOLA E, MONTERO P, ALEMÁN S, LLANOS J. 2010a. El bivalvo concha negra (*Anadara tuberculosa* (Sowerby)), en los manglares de Tumbes, Perú. *Febrero, 2007. Inf Inst Mar Perú*. 37 (3-4). 115-126. <<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2009>> 20/04/2018
- ORDINOLA E, ALEMÁN S, MONTERO P, LLANOS J. 2010b. El cangrejo de los manglares *Ucides occidentalis* (Ortman) en Tumbes, Perú. *Primavera 2007. Inf Inst Mar Perú*. 37 (3-4). 151-159. <<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2017>> 20/04/2018
- ORDINOLA E, ALEMÁN S, MONTERO P, LLANOS J. 2010c. La ostra *Crassostrea iridescens* (Hanley) en Tumbes,

- Perú. Primavera 2007. Inf Inst Mar Perú. 37 (3-4). 139-150. <<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2016>> 20/04/2018
- ORDINOLA E, MONTERO P, INGA C, GONZALES I. 2010d. Prospección bioecológica de concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en los manglares de Tumbes. 22 - 28 de abril, 2009. IMARPE Tumbes. Inf. Interno. 23 pp.
- ORDINOLA E, MONTERO P, INGA C, GONZALES I. 2010e. Prospección bio ecológica de cangrejo del manglar (*Ucides occidentalis*) en la Región Tumbes. 07 al 13 de julio, 2009. IMARPE Tumbes. Inf. Interno. 21 pp.
- PERKINS E. 1976. The Biology of Estuaries and Coastal Waters. Academic Press INC. 2da edic. London, Great Britain. 677: 526 pp.
- PERSAUD D R, JAAGUMAGI R, HAYTON A. 1993. Guidelines for the protection and management of aquatic sediments in Ontario. Standards Development Branch. Ontario Ministry of Environment and Energy, Toronto, Canada. <https://www.itrcweb.org/contseds-bioavailability/References/guide_aquatic_sed93.pdf> Acceso: 15/07/2019
- RIVERA L. 2005. Floraciones algales nocivas: mareas rojas y toxinas marinas. <<http://www.monografias.com/trabajos32/floraciones-algales-nocivas/floraciones-algales-nocivas.shtml>> Acceso 01/03/2010
- STRICKLAND J, PARSONS T. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada. 2da. ed. Ontario, Canada. 310: 63-80.
- THRONDSSEN J. 1978. Preservation and storage. En: A. Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. UNESCO, Paris: 69-74. <https://www.researchgate.net/profile/Egil_Sakshaug/publication/248379507_Phytoplankton_manual_-_monographs_on_oceanographic_methodology_6A_Sournia_Editor_UNESCO_Paris_1978_337_pp/links/5ae4a358aca272ba50803572/Phytoplankton-manual-monographs-on-oceanographic-methodology-6A-Sournia-Editor-UNESCO-Paris-1978-337-pp.pdf> Acceso: 24/07/2019
- ZUTA S, GUILLEN O. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Bol Inst Mar Perú. 2 (5). 165 pp. <<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/949>> Acceso 22/04/2019