



informe progresivo

nº
125

Julio
2000

**Evaluación de la calidad acuática en el área costera del Callao,
agosto 1999**

Rita Cabello T.

Clara Fierro H.

Luis Vásquez 3

DGIO-56

Publicación periódica mensual de distribución nacional. Contiene información de investigaciones en marcha, conferencias y otros documentos técnicos sobre temas marítimos. EL INFORME PROGRESIVO tiene numeración consecutiva. Deberá ser citado como Inf. Prog. Inst. Mar Perú.

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU (IMARPE)

Esq. Gamarra y Gral. Valle, Chucuito, Callao.

Apartado 22, Callao, Perú.

Telf. 429-7630 / 420-2000 Fax: 465-6023

Email: imarpe+@imarpe.gob.pe

Asesora científica

Dra. Norma Chirichigno Fonseca

Editor científico

Dr. Pedro G. Aguilar Fernández

© 2000. Instituto del Mar del Perú

Esquina Gamarra y General Valle

Apartado Postal 22

Callao, PERU

Teléfono 429-7630 / 420-2000

Fax (511) 465-6023

E-mail: imarpe+@imarpe.gob.pe

Hecho el depósito de ley. N° 2000-4737

**Reservados todos los derechos de reproducción total
o parcial, la fotomecánica y los de traducción.**

Impresión: Gráfica Técnica SRL.

Calle Los Talladores 184, Urb. El Artesano - Ate

Teléfono: 436-3140 / 437-5842

Tiraje: 300 ejemplares

EVALUACION DE LA CALIDAD ACUATICA EN EL AREA COSTERA DEL CALLAO, AGOSTO 1999

Rita Cabello T.

Area de Evaluación de la Contaminación Marina
DMPAM. DGIO. IMARPE

Clara Fierro H.

Area de Evaluación de Impacto Ecológico
DMPAM. DGIO. IMARPE

Luis Vásquez

Dirección de Oceanografía Física y Pronósticos Oceanográficos
DGIO. IMARPE

CONTENIDO

Resumen	3
1. Introducción	4
2. Material y métodos	5
2.1 Muestreo	5
2.2 Métodos	6
3. Resultados de la Evaluación por mar	6
3.1 Parámetros hidrográficos y de circulación marina	6
3.2 Parámetros físicos y químicos de calidad acuática	12
3.3 Parámetros de contaminación microbiológica y demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	16
4. Resultados de la evaluación en zona de playas	18
5. Discusión	21
6. Conclusiones	23
7. Agradecimiento	24
8. Referencias	24

RESUMEN

Resultados analíticos del monitoreo ambiental acuático en el área costera del Callao realizado del 16 al 18 de agosto de 1999 indicaron condiciones aceptables de sólidos suspendidos (<100 mg/L), pH (7,02 a 7,91), DBO₅ (<10 mg/L) de acuerdo a la Ley General de Aguas vigente (1969). Valores de sulfuros (<1,0 µg-at H₂S-S/L), aceites y grasas (<3,0 mg/L) correspondieron a áreas con problemas no significativos de carga orgánica.

En relación al oxígeno disuelto el 73% de valores en superficie superaron los límites de la Clase IV (>2,1 mL/L ó >3,0 mg/L) y a 1,0 m del fondo marino 82% de concentraciones fueron hipóxicas (<1,0 mL/L); estos valores estuvieron asociados al descenso de temperatura característico del período estacional invierno en el que se desarrollan procesos de afloramiento. Los colectores domésticos (Callao y Comas) aportaron al ambiente marino una importante carga orgánica y microbiana de coliformes totales y fecales (> 2,4 x 10⁴ NMP/100 mL), que impactaron las zonas adyacentes por acción de las corrientes.

Las playas localizadas entre Ventanilla y el emisor Callao, se identificaron como focos de infección, por basura acumulada sumada al serio deterioro estético y deficiencia en la calidad

acuática originada por las diversas descargas incluyendo las industriales que limitan su uso como zonas de recreación (Clase IV 1970, Ley General de Aguas vigente 1969).

1. INTRODUCCION

El área del Callao se caracteriza por albergar una variada industria productiva en la que destacan productos pesqueros, alimentos de consumo humano, químicos, una importante refinería de petróleo (La Pampilla localizada en Ventanilla), así como uno de los principales puertos marítimos del país, el cual incluye distintas áreas de carga y descarga (minerales, hidrocarburos, etc.). En este puerto se incluyen el Terminal Pesquero y una importante zona denominada la "rada del Callao", descrita como un área artificial semicerrada que recibe embarcaciones de distinto tonelaje.

Como consecuencia de las diversas actividades, numerosas descargas son emitidas al ambiente marino receptor, alterando en muchos casos la calidad de los parámetros físicos y químicos propios del medio, entre ellas se cuentan las de tipo doméstico e industrial, así como aguas de regadío y la de los ríos Rímac y Chillón, estos últimos especialmente durante los meses de verano. La basura doméstica y desmonte arrojado en la zona de playas de manera informal se realiza en gran escala (especialmente en el área de Márquez-Oquendo y en Ventanilla) no sólo las convierten en focos de infección, sino que además producen un deterioro en la estética de las mismas limitando usos definidos en la Ley General de Aguas vigente (Reglamento 1969).

El Instituto del Mar del Perú viene desarrollando desde 1994 un Programa de Monitoreo de la Calidad del Medio Marino en la costa peruana, asumido después del Convenio realizado en 1985 por La Comisión Permanente del Pacífico Sudeste (CPPS) y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en el marco del Plan de Acción (CONPACSE I).

El ambiente marino del área costera Callao, de acuerdo al registro histórico (fig. 13), ha presentado durante el mes de agosto un enfriamiento de aguas característico de la estación asociada a concentraciones bajas de oxígeno ($>1,0$ mL/L y $<6,0$ mL/L en superficie e inclusive estados anóxicos en fondo); el área muestra una variación amplia de concentraciones relacionadas con la intensidad y sentido de las corrientes marinas, la batimetría, sedimento de fondo y la morfología del área entre otros factores. En la mayoría de las evaluaciones, el contenido de sólidos suspendidos (desde 1994) no ha superado las condiciones legales de calidad ($<100,0$ mg/L) para el medio marino receptor; en algunos casos valores superiores correspondieron a estaciones puntuales. Los sulfuros presentaron un comportamiento variado alcanzando especialmente en fondo concentraciones hasta de $10 \mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$ en los meses de agosto; en 1994 superaron $30 \mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$ en superficie, sin embargo por lo general los valores obtenidos no han sido significativos ($<2,5 \mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$, observados desde 1995).

Estudios de contaminación microbiológica efectuados en agosto 1996 identificaron a las descargas domésticas (colectores Callao y Comas) y ríos Rímac y Chillón, como focos de contaminación de coliformes totales y fecales, sobrepasando los límites de calidad acuática vigentes (Clases IV, V y VI) alcanzando 43×10^4 NMP/100 mL superando así valores legales menos exigentes (coliformes totales <20.000 NMP/100mL, coliformes fecales <4.000 NMP/100mL, Clase VI).

El objetivo de la evaluación ejecutada entre el 16 y 18 de agosto 1999 ha sido continuar con la vigilancia de la calidad química, física y microbiológica del medio marino y su variabilidad respecto a la estación otoño 1999.

2. MATERIAL Y METODOS.

2.1 Muestreo

La evaluación del medio marino del área costera de Callao se llevó a cabo los días 16 al 18 de agosto de 1999. El área evaluada estuvo delimitada de la siguiente manera (Fig. 1):

Por el norte: por la estación de playa "A", y estación de mar 16 ($11^{\circ}51'16,0''S$ y $77^{\circ}10'18,5''W$).

Por el oeste: por las estaciones 18 ($11^{\circ}53'48,2''S$ y $77^{\circ}10'22,2''W$), 19 ($11^{\circ}55'40,0''S$ y $77^{\circ}10'00,2''W$), 23 ($11^{\circ}58'03,4''S$ y $77^{\circ}09'38,2''W$), 24 ($11^{\circ}56'19,0''S$ y $77^{\circ}10'37,3''W$), 25 ($11^{\circ}59'30,0''S$ y $77^{\circ}10'30,0''W$), 10 ($12^{\circ}01'45,2''S$ y $77^{\circ}10'50,3''W$), 6A ($12^{\circ}04'02,3''S$ y $77^{\circ}10'59,2''W$), 1A ($12^{\circ}04'50,3''S$ y $77^{\circ}11'31,0''W$).

Por el sur: por las estaciones 2A ($12^{\circ}05'26,3''S$ y $77^{\circ}10'55,2''W$), 3A ($12^{\circ}05'38,9''S$ y $77^{\circ}10'32,1''W$), 4A ($12^{\circ}05'30,1''S$ y $77^{\circ}10'11,0''W$), 3 ($12^{\circ}05'15,1''S$ y $77^{\circ}08'55,0''W$), 1 ($12^{\circ}05'14,0''S$ y $77^{\circ}07'55,4''W$), 2 ($12^{\circ}04'15,0''S$ y $77^{\circ}08'55,4''W$) y "M".

Por el este: por la línea costera desde La Punta hacia Ventanilla.

Se han seleccionado 3 zonas en el área de estudio basadas en la distribución de los parámetros físicos y químicos de calidad:

Zona norte: por playa desde la estación "A" hasta el norte del río Chillón; por mar desde la estación 16 a la 20.

Zona central: por playa desde la estación "C" hasta "K"; por mar agrupa a las estaciones 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 21, 22, 23, 24, 25, D y B.

Zona sur: por playa las estaciones "P", "M", "O", "L", "N"; por mar agrupa a las estaciones 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 1, 2, 3, 4, 6, 7.

Se realizó un total de 32 estaciones por mar, determinando los parámetros de calidad en 22 estaciones; y circulación marina en 31 estaciones. Se establecieron 15 estaciones en zona de playas desde Ventanilla (estación "A") hasta La Punta, Mar Brava (estación "M").

Muestreo en mar

En las estaciones por mar, se colectaron muestras de agua a dos niveles: superficial y a 1,0 m del fondo marino. La embarcación "Fishman" de 21 pies de eslora, motor fuera de borda, se transportó a una velocidad promedio de 6 nudos. En la colecta a nivel superficial se empleó un balde de plástico; y a 1,0 m del fondo, una botella Niskin de 5 litros de capacidad con portatermómetro de inversión para el registro de temperaturas ($^{\circ}C$).

El análisis de las muestras colectadas permitió cuantificar los parámetros físicos y químicos de calidad acuática: temperatura, oxígeno disuelto, pH, sulfuros, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas. También se colectaron muestras para la determinación de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) análisis microbiológico y salinidad.

La medición de intensidades de flujos de circulación en superficie y a 1,0 m del fondo se determinó *in situ* empleando boyas a la deriva.

Muestreo en zona de playas

Se establecieron 15 estaciones a lo largo de la línea costera. El recorrido usual se inició en la estación "A" (playa Ventanilla) localizado en la zona norte de la bahía y se concluyó en la estación "M" (La Punta, Mar Brava) al sur de la bahía. La colecta de agua en superficie se realizó de la misma manera como se efectuó a bordo de la embarcación y para las mismas determinaciones analíticas. Observaciones visuales han complementado la información.

2.2 Métodos

Las determinaciones físicoquímicas de los parámetros de calidad se basaron en los siguientes métodos:

- Método titulométrico WINKLER modificado por CARPENTER en 1966 para la determinación de oxígeno (GRASSHOFF 1976).
- Método gravimétrico 209-D, APHA-AWWA-WPCF para la determinación de sólidos suspendidos totales (ESTÁNDAR METHODS 1980).
- Método colorimétrico de FONSELIUS para la determinación de sulfuro de hidrógeno (GRASSOFF 1976).
- Método potenciométrico por medio del HANNA HI 9023 C para la determinación del pH.
- Método gravimétrico para la determinación de grasa. (ENVIRONMENT WATER RESOURCES SERVICE, 1976).
- Método de medición de circulación marina utilizado boyas a la deriva, con apoyo de compás magnético y sistema GPS.
- Método de medición de salinidad empleando salinómetro Kahlsico RS-10.
- Método International Standard (1983) para la determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno.
- Método de tubos múltiples (NMP) para la determinación del grupo coliformes y de la American Public Health Association (APHA) 1992.

3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN POR MAR

3.1 Parámetros hidrográficos y de circulación marina

Los resultados sobre la determinación de parámetros hidrográficos y de circulación marina a dos niveles se presentan en la tabla 1.

TABLA 1. Parámetros hidrográficos y de circulación marina. Area costera Callao. 16-18 agosto de 1999

Est.	Latitud	Longitud	Prof (m)	Temp (°C)	Salinidad (UPS)	Velocidad (cm/s)	Rumbo (°)
1A	12°04'50,3"	77°11'31,0"	0	16,4	34,957	18	270
			11	14,7	---	21	252
2A	12°05'26,3"	77°10'55,2"	0	16,4	34,973	21	54
			11	14,9	34,906	20	82
3A	12°05'38,9"	77°10'32,1"	0	16,8	35,039	---	---
			13	15,6	35,045	---	---
4A	12°05'30,1"	77°10'11,0"	0	16,6	35,004	9	110
			15	15,4	35,017	17	110
5A	12°04'30,0"	77°10'15,0"	0	17,5	34,911	21	315
			4	15,9	35,005	19	314
6A	12°04'02,3"	77°10'59,2"	0	16,0	35,006	22	296
			9	14,6	35,062	12	285
1	12°05'14,0"	77°07'55,4"	0	16,9	34,970	2	273
			13	15,2	34,961	5	232
2	12°04'15,0"	77°08'55,4"	0	17,0	34,957	12	248
			5	16,2	35,038	13	224
3	12°05'15,1"	77°08'55,0"	0	16,9	34,999	2	245
			13	15,2	35,026	13	327
4	12°03'59,8"	77°10'12,4"	0	17,0	34,884	---	---
			2	16,9	34,885	---	---
6	12°03'32,0"	77°10'24,0"	0	16,0	34,986	14	14
			10	14,7	34,992	10	44
7	12°03'31,0"	77°09'31,4"	0	15,7	34,965	---	---
			8	14,7	34,988	---	---
8	12°00'25,0"	77°08'22,0"	0	16,2	35,320	14	184
			5	15,0	34,886	16	194
9	12°00'25,0"	77°09'40,0"	0	15,7	34,999	12	44
			9	14,8	35,001	5	36
10	12°01'45,2"	77°10'50,3"	0	15,8	34,979	14	95
			24	14,7	34,997	10	160
11	12°01'44,9"	77°09'45,0"	0	16,5	34,332	---	---
			8	15,0	34,993	---	---
12	12°01'08,0"	77°08'51,4"	0	16,2	34,051	3	66
			3	15,2	34,915	5	126
14	12°03'24,3"	77°09'14,5"	0	15,5	34,943	9	260
			8	14,8	34,995	14	228
15	12°02'34,0"	77°10'29,3"	0	16,0	34,824	---	---
			16	14,8	34,993	---	---
16	11°51'16,0"	77°10'18,5"	0	15,6	34,885	3	231
			12	14,9	34,971	4	233
17	11°53'44,0"	77°09'18,8"	0	15,5	34,733	6	239
			12	14,9	34,887	5	210
18	11°53'48,2"	77°10'22,2"	0	15,8	34,880	11	170
			20	14,8	34,922	4	132
19	11°55'40,0"	77°10'00,2"	0	15,8	34,722	8	109
			19	14,7	34,895	3	90
20	11°55'30,1"	77°08'47,9"	0	15,3	34,824	9	165
			12	14,9	35,011	6	90
21	11°56'19,1"	77°08'28,8"	0	15,7	34,699	5	108
			8	15,1	34,928	6	118
22	11°57'47,0"	77°08'29,0"	0	16,0	34,768	9	259
			9	15,8	34,954	7	225
23	11°58'03,4"	77°09'38,2"	0	16,5	34,437	18	131
			12	14,9	35,001	14	122
24	11°56'19,0"	77°10'37,3"	0	15,5	34,543	9	107
			18	14,7	34,843	7	112
25	11°59'30,0"	77°10'30,0"	0	15,6	34,893	1	0
			23	14,8	34,980	6	32
D	12°00'00,2"	77°10'04,8"	0	15,7	35,010	---	---
			14	14,9	35,035	---	---
B	12°00'40,3"	77°09'15,0"	0	16,2	---	---	---
			6	15,1	---	---	---
Superficie		Promedio		16,1	34,85		
		Min		15,3	34,05		
		Max		17,5	35,32		
Fondo		Promedio		15,1	34,97		
		Min		14,6	34,84		
		Max		16,2	35,06		

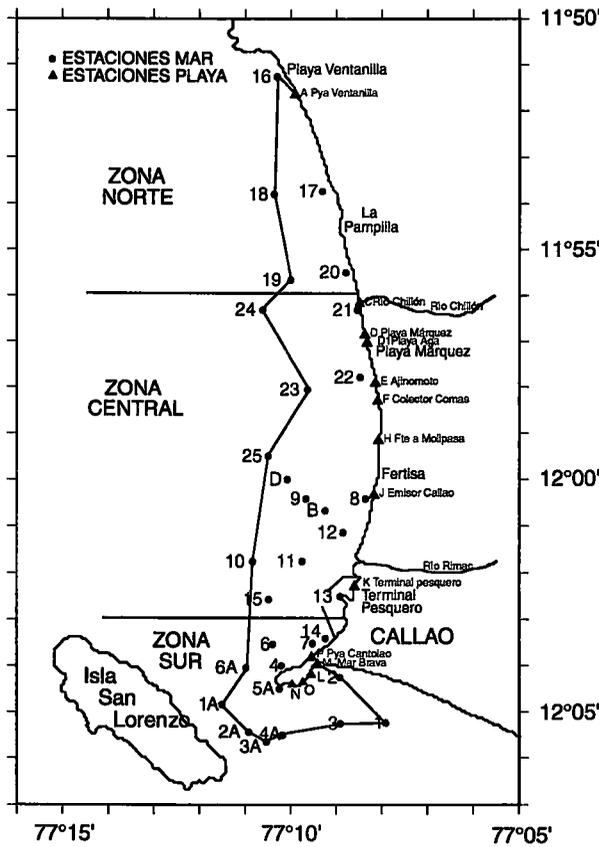


FIGURA 1. Carta de posiciones de la evaluación de la calidad acuática. Area costera Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

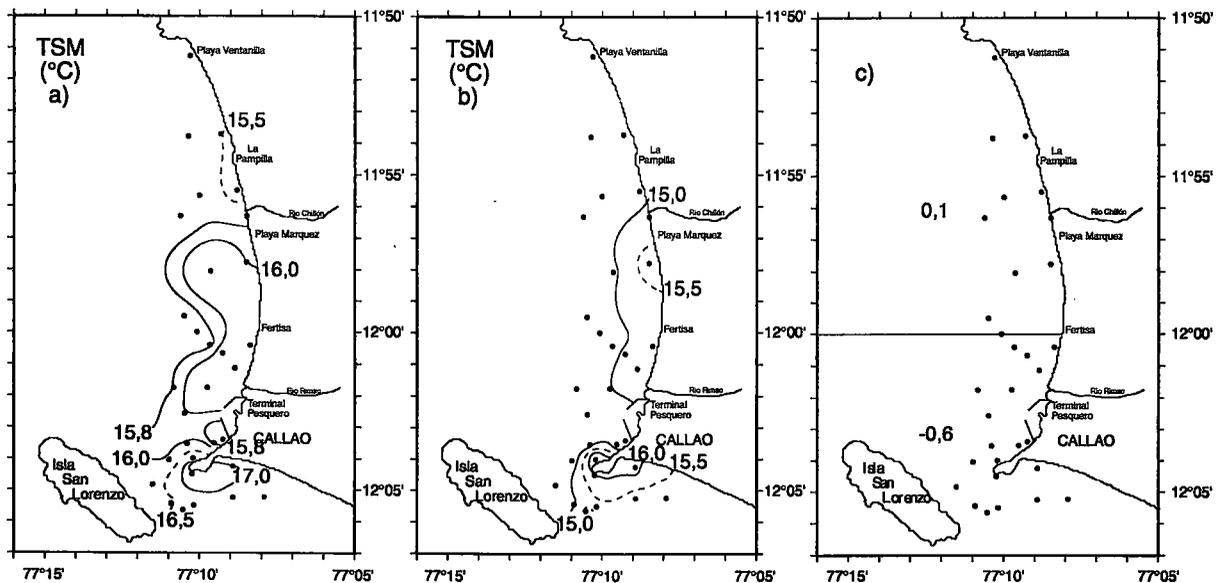


FIGURA 2. Distribución de temperatura en: a) Superficie, b) Fondo y c) Anomalía térmica. Bahía de Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

Temperatura

En superficie los valores variaron entre 15,3 (estación 20) y 17,5 °C (estación 5A). El promedio obtenido en la semana fue 16,1 °C presentando en general, condiciones con anomalías térmicas de +0,1 y -0,6 °C (fig. 2c). La distribución de isotermas muestra los mínimos valores entre Ventanilla y el Callao (<16,0 °C), exceptuando el área de influencia del río Rímac donde se localizaron temperaturas mayores de 16 °C (fig. 2a). Estos superaron las temperaturas halladas en agosto 1996 (14,8 – 16,5 °C), cuando el 16% de valores fueron mayores de 16 °C, mientras el período actual presentó 59% de valores superiores a los 16 °C.

A un metro del fondo marino se presentó una variación de 14,6 (estación 6A) a 16,2 °C (estación 2) con un valor promedio de 15,1 °C (fig. 2b), la distribución termal mostró una tendencia similar a la desarrollada en superficie, menores temperaturas se localizaron en zonas alejadas de la línea costera, en cambio las cálidas se localizaron principalmente en la bahía Miraflores. Como en superficie se produjo un incremento en los valores respecto a agosto 1996 (14,1 a 15,5 °C).

En general el área evaluada presentó condiciones ligeramente variables.

Salinidad

En superficie la concentración de sales varió de 34,05 (estación 12) a 35,32 ups (estación 8). Las menores concentraciones se ubicaron en las proximidades de la desembocadura del río Rímac; es necesario destacar en esta zona la contribución significativa que realizan las intensas descargas del colector Comas (que en realidad se suma a otras 4 descargas) y emisor Callao, se formó así un pequeño núcleo frente a playa Márquez. Las mayores concentraciones se localizaron en el extremo sur del área evaluada (fig. 3a).

En fondo las concentraciones variaron entre 34,84 (estación 24) y 35,06 ups (estación 6A). A estas profundidades las concentraciones salinas fueron mayores a las presentadas en superficie debido a una menor influencia de agua dulce, predominando Aguas Costeras Frías (ACF) (fig. 3b).

En general, los valores hallados indicaron la presencia de aguas de mezcla originadas por la interacción de las Aguas Costeras Frías con descargas emitidas desde tierra, principalmente colectores domésticos e industriales, debido a que la influencia de las descargas de ríos en este período no fueron significativas.

Circulación marina

Las intensidades variaron de 1 a 22 cm/s en superficie y de 3 a 21 cm/s en fondo, respectivamente. En esta bahía generalmente se observa la convergencia de flujos costeros provenientes del nor-oeste y sur-oeste, originando un remolino frente a las playas Márquez, observados también durante la evaluación. Entre La Punta y la Isla San Lorenzo se registraron flujos intensos (superficie y fondo) algo dispersos, característicos y propios de la zona debido a la interacción de flujos provenientes de la bahía Miraflores y de la bahía Callao (fig. 4).

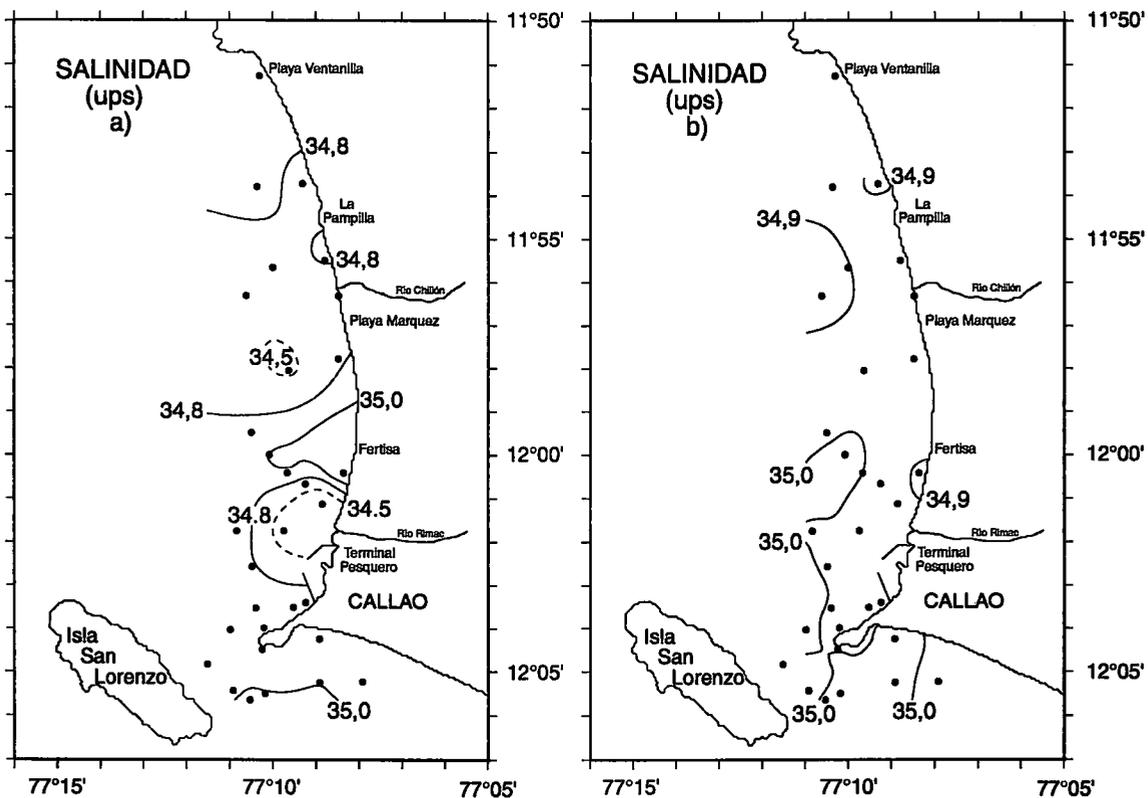


FIGURA 3. Distribución de salinidad en: a) superficie y b) fondo. Area costera Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

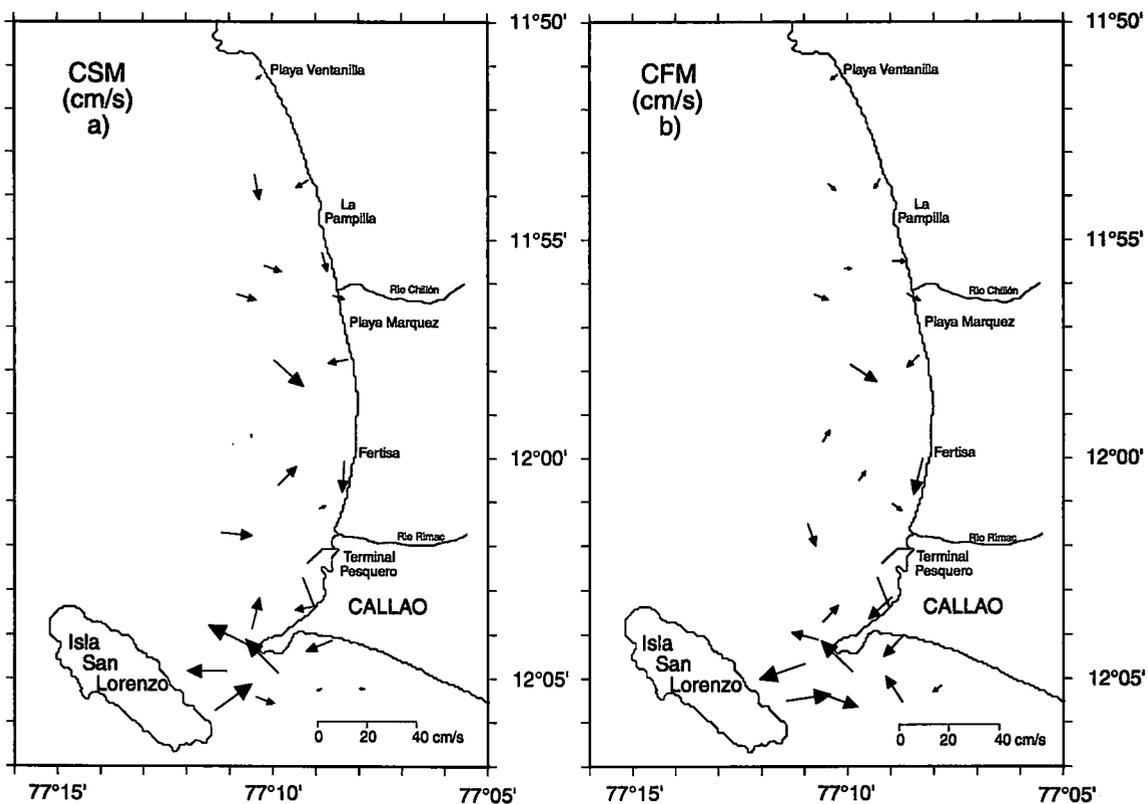


FIGURA 4. Corrientes marinas en: a) superficie y b) fondo. Area costera Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

TABLA 2. Parámetros físico químicos de calidad acuática. Area costera Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

Est.	Latitud	Longitud	Transp. (m)	Fondo (m)	Prof		pH	Oxígeno (mL/L)	Sulfuros (µg-at H ₂ S-S/L)	SST* (mg/L)	Grasa (mg/L)
					Muestreo (m)	Temp (°C)					
1A	12°04'50,3"	77°11'31,0"	1.5	12.0	0,0	16,4	7,72	2,37	0,57	12,97	0,83
2A	12°05'26,3"	77°10'55,2"	3.0	12.0	11,0	14,7	7,73	0,19	0,42	29,90	---
					0,0	16,4	7,79	3,44	0,48	19,15	---
3A	12°05'38,9"	77°10'32,1"	2.5	14.0	11,0	14,9	7,71	0,57	0,35	36,60	---
					0,0	16,8	7,77	3,95	0,51	17,95	---
4A	12°05'30,1"	77°10'11,0"	2.0	16.0	13,0	15,6	7,70	2,00	0,56	29,03	---
					0,0	16,6	7,86	3,84	0,54	21,13	---
5A	12°04'30,0"	77°10'15,0"	1.5	5.0	15,0	15,4	7,73	1,69	0,57	27,17	---
					0,0	17,5	7,91	4,69	0,59	25,73	---
6A	12°04'02,3"	77°10'59,2"	1.8	10.0	4,0	15,9	7,74	1,82	0,55	83,76	---
					0,0	16,0	7,74	2,71	0,44	12,57	---
7	12°03'31,0"	77°09'31,4"	3.5	9.0	9,0	14,6	7,71	0,24	0,50	13,51	0,11
					0,0	15,7	7,74	2,74	0,34	27,68	---
8	12°00'25,0"	77°08'22,0"	1.0	6.0	8,0	14,7	7,79	0,19	0,46	17,42	---
					0,0	16,2	7,42	2,92	0,64	27,59	1,08
9	12°00'25,0"	77°09'40,0"	5.0	9.2	5,0	15,0	7,49	0,05	0,60	54,89	---
					0,0	15,7	7,74	2,06	0,34	21,66	---
10	12°01'45,2"	77°10'50,3"	5.0	25.0	9,0	14,8	7,73	0,19	0,36	30,06	---
					0,0	15,8	7,67	2,10	0,40	18,59	---
11	12°01'44,9"	77°09'45,0"	1.9	9.0	24,0	14,7	7,68	0,05	0,51	31,47	---
					0,0	16,5	7,59	1,66	0,45	40,10	---
12	12°01'08,0"	77°08'51,4"	1.8	3.2	8,0	15,0	7,73	0,66	0,35	38,02	---
					0,0	16,2	7,33	1,97	0,46	34,90	---
13	12°02'30,0"	77°08'55,0"	4.0	13.0	3,0	15,2	7,61	0,61	0,63	24,00	---
					0,0	16,2	---	---	---	---	---
15	12°02'34,0"	77°10'29,3"	3.5	17.0	12,0	---	---	---	---	---	---
					0,0	16,0	7,73	2,03	0,37	32,26	---
17	11°53'44,0"	77°09'18,8"	5.5	13.0	16,0	14,8	7,74	0,10	0,46	18,72	---
					0,0	15,5	7,70	3,10	0,46	11,88	---
18	11°53'48,2"	77°10'22,2"	5.5	21.0	12,0	14,9	7,68	0,27	0,42	23,62	---
					0,0	15,8	7,55	2,35	0,48	108,56	---
19	11°55'40,0"	77°10'00,2"	6.0	20.0	20,0	14,8	7,53	0,28	0,41	27,32	---
					0,0	15,8	7,55	2,07	0,44	20,21	---
20	11°55'30,1"	77°08'47,9"	3.0	13.0	19,0	14,7	7,72	0,19	0,49	24,44	---
					0,0	15,3	7,02	3,38	0,45	20,11	---
21	11°56'19,1"	77°08'28,8"	4.0	9.0	12,0	14,9	7,63	0,62	0,46	40,00	0,57
					0,0	15,7	7,51	3,38	0,48	34,21	---
22	11°57'47,0"	77°08'29,0"	2.5	10.0	8,0	15,1	7,56	0,47	0,44	29,63	---
					0,0	16,0	7,67	2,53	0,48	26,84	---
23	11°58'03,4"	77°09'38,2"	3.0	13.0	9,0	15,8	7,68	0,27	0,53	43,72	---
					0,0	16,5	7,66	2,58	0,46	43,60	---
25	11°59'30,0"	77°10'30,0"	5.5	23.2	12,0	14,9	7,64	0,10	0,52	27,50	---
					0,0	15,6	7,75	2,20	0,37	21,46	---
					23,0	14,8	7,71	0,28	0,96	34,97	
	Superficie	Promedio				16,1	7,64	2,77	0,46	28,53	0,65
		Min				15,3	7,02	1,66	0,34	11,88	0,11
		Max				17,5	7,91	4,69	0,64	108,56	1,08
	Fondo	Promedio				15,0	7,68	0,52	0,50	32,65	---
		Min				3,0	14,6	7,49	0,05	13,51	---
		Max				24,0	15,9	7,79	2,00	83,76	---

3.2 Parámetros físicos y químicos de calidad acuática

Los resultados analíticos se presentan en la tabla 2. También ver figura 13.

Oxígeno disuelto

En superficie, las concentraciones de oxígeno disuelto variaron de 1,66 (estación 11) a 4,69 mL/L (estación 5A), el promedio general en el área evaluada fue de 2,77 mL/L.

El 73% de valores cumplió con los requisitos de calidad ($> 2,1$ equivalente a $> 3,0$ mg/L) Clase IV (1970), Ley General de Aguas (Reglamento 1969).

Se observa (fig. 5a) una tendencia decreciente desde la línea costera por La Pampilla hacia el sur-oeste (río Rímac). Una isolínea de 2,5 mL/L dominó gran parte del área evaluada. La zona sur (La Punta) presentó un incremento de concentraciones (2,5 a 4,0 mL/L) dirigidas hacia la bahía de Miraflores (entre la Isla San Lorenzo y La Punta) asociadas a la mayor intensidad de flujos de circulación registradas en esta zona. En relación a la evaluación agosto 1996 (0,92 a 4,98 mL/L) aquellos valores fueron cercanos al presente, 60% de concentraciones superaron los 2,1 mL/L con un promedio similar (2,76 mL/L).

A 1,0 m del fondo marino las concentraciones variaron de 0,05 (estaciones 8 y 10) a 2,00 mL/L (estación 3A); el promedio general durante la evaluación fue 0,52 mL/L. Valores hipóxicos menores de 0,5 mL/L representaron el 63,6% y menores de 1,0 mL/L el 82%. Estos valores son característicos de masas de aguas pobres en oxígeno a profundidades entre 5 y 25 m, batimetría poco profunda que recibe material orgánico (detritus y otros) de la superficie, cuyo fondo presenta un sedimento fangoso que adsorbe una importante carga orgánica y contribuye al consumo de oxígeno disponible en el medio.

En comparación con agosto 1996 (0,0 – 4,74 mL/L) se ha producido una mejora en las concentraciones y aunque en aquella oportunidad sólo 44% de valores fueron menores de 0,5 mL/L (y 64% $< 1,0$ mL/L), la generación de estados anóxicos (28% de valores) refleja una condición más severa. Las concentraciones halladas en agosto 1999 fueron similares a las presentadas en primavera 1998 influenciadas por El Niño (0,46 a 2,61 mL/L); así mismo fueron superiores a las presentados en abril 1996* (0,0 a 0,63 mL/L) cuando se produjo un 57% de valores anóxicos.

La zona norte y centro presentaron una disminución de oxígeno (0,5 a 0,3 mL/L) hacia el oeste (fig. 5b). En estas profundidades predominó una isolínea de 0,3 mL/L. La distribución en la zona sur fue similar a la desarrollada en superficie (0,5 a 1,5 mL/L).

Potencial de iones hidronio (pH)

El potencial de ion hidronio en superficie varió de 7,02 (estación 20) a 7,91 (estación 5A). El 9,5% de valores fueron superiores a 7,8. Se ha producido una distribución creciente de potenciales desde la línea costera hacia el oeste (isolíneas desde 7,20 a 7,70) (Fig. 6a). Potenciales menores a 7,5 representaron el 14%, estos se localizaron especialmente próximos a los ríos Chillón y Rímac con isolíneas de 7,40 y 7,20, respectivamente. Una isolínea de 7,60

* Base de datos. Área de Evaluación de la Contaminación Marina-IMARPE

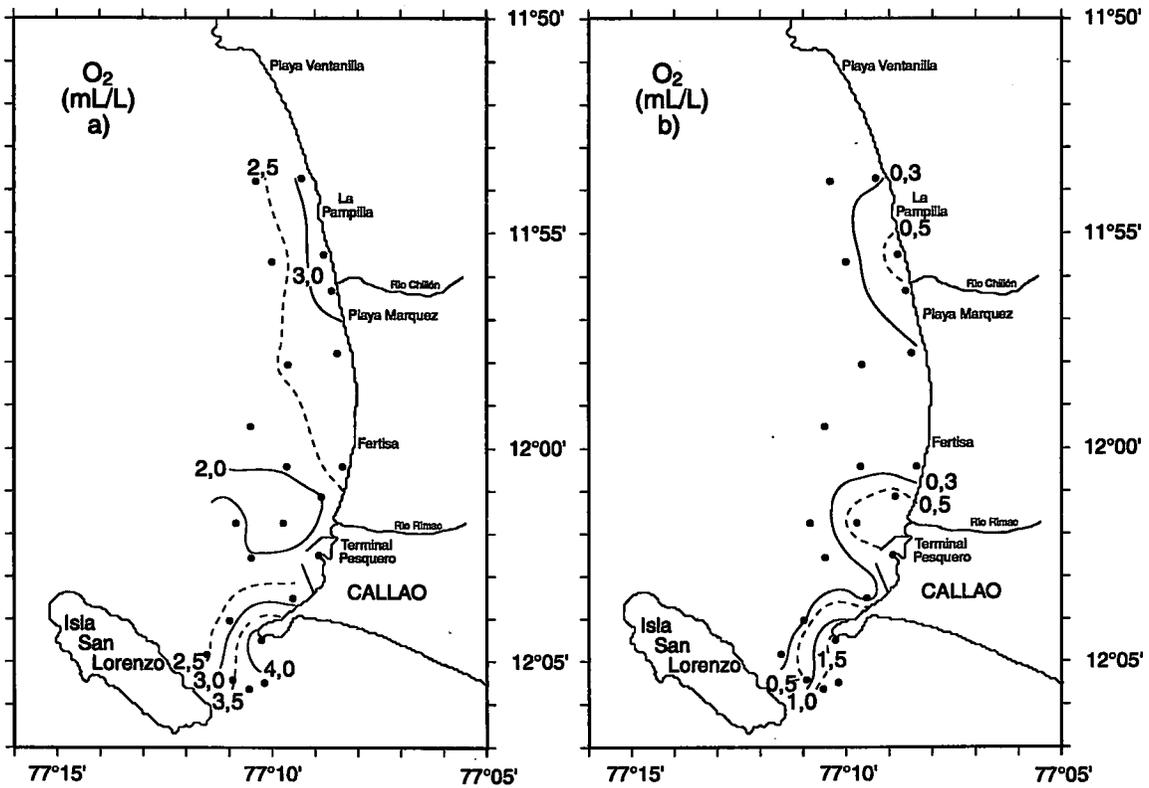


FIGURA 5. Distribución de oxígeno disuelto en: a) superficie y b) fondo. Bahía de Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

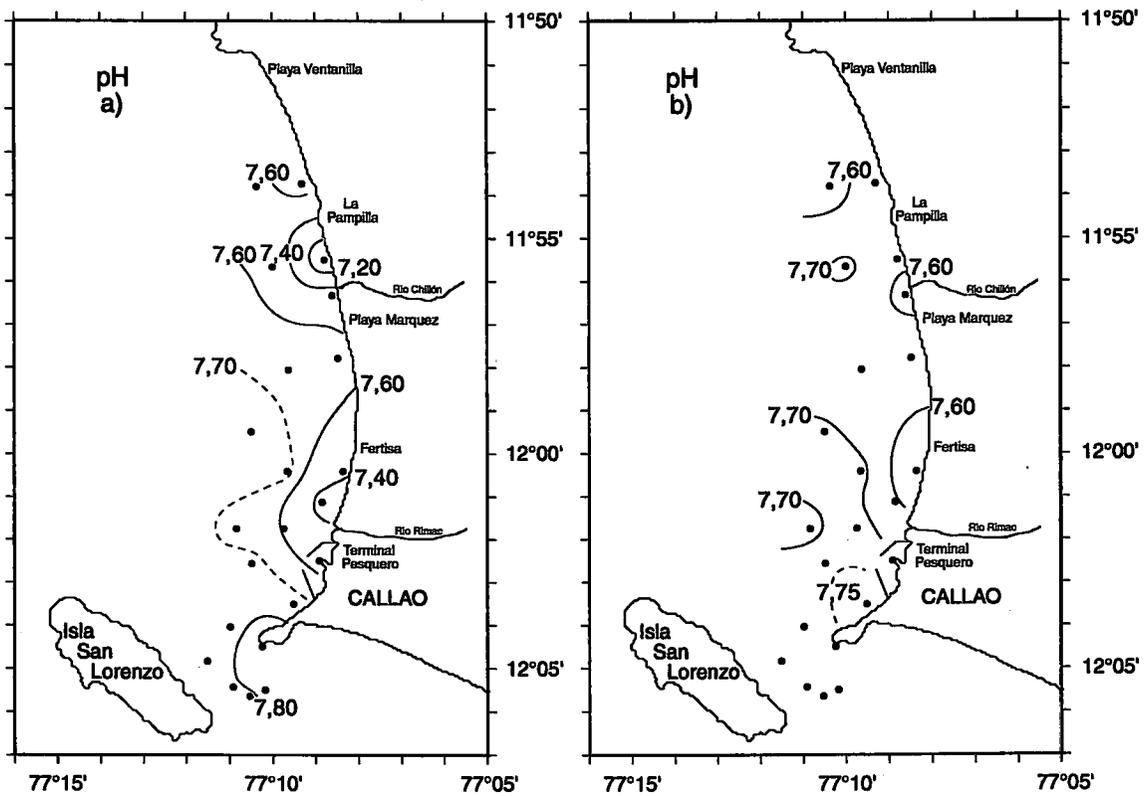


FIGURA 6. Distribución de potencial de iones hidronio en: a) superficie y b) fondo. Area costera Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

dominó gran parte del área evaluada (fig. 6a). Estos valores resultaron inferiores a los obtenidos en agosto 1996 (48% mayores a 7,8) cuando se obtuvo una ligera variación entre 7,39 y 8,02; así mismo estos potenciales son aceptables de acuerdo a los requisitos de calidad acuática vigentes.

En fondo los valores variaron entre 7,49 (estación 8) y 7,79 (estación 7). Como en superficie los menores potenciales se localizaron frente al río Chillón y próximos al río Rímac (al norte) con isolíneas de 7,60 (fig. 6b). Como en superficie, los valores fueron inferiores a los hallados en agosto 1996 (7,55 a 7,85).

Los valores hallados cumplieron con los requerimientos de la Ley General de Aguas, 1969 (pH: 6,0 a 8,5) para las Clases IV y V (1970).

Sólidos suspendidos totales (SST)

Las concentraciones de sólidos suspendidos totales en superficie variaron entre 11,88 mg/L (estación 17) y 108,56 mg/L (estación 18, zona norte) el promedio general en el área evaluada fue 28,53 mg/L. La estación 18 superó el límite (100 mg/L) establecido en la Ley General de Aguas aplicados al medio marino receptor. El 45% de valores fueron mayores de 25 mg/L, a diferencia de lo hallado en agosto 1996 (16% mayores a 25 mg/L; rango: 8,4 a 35,6 mg/L); en ambos casos las concentraciones fueron menores de 100 mg/L.

La distribución espacial (fig. 7a) muestra concentraciones crecientes en la zona norte (desde La Pampilla hacia el nor-oeste) con isolíneas de 20 a 100 mg/L. Una isolínea de 20 mg/L dominó en la zona centro y sur de la bahía.

En fondo, las concentraciones variaron entre 13,51 mg/L (estación 6A) y 83,76 mg/L (estación 5A) con promedio general de 32,65 mg/L. Se observan isolíneas dominantes de 30 mg/L (fig. 7b), desde la zona norte (La Pampilla) hacia parte de la zona central. La zona sur presentó una tendencia creciente de concentraciones orientadas hacia el lado sur de La Punta (isolíneas de 20 a 60 mg/L).

En general, los valores se ajustaron a los requisitos legales IV, V y VI (1970) que estipula un límite de 100 mg/L en el cuerpo receptor.

Sulfuros (H_2S-S^-)

En superficie, los valores estuvieron entre 0,3 (estaciones 7 y 9) y 0,6 $\mu\text{g-at } H_2S-S/L$ (estación 8) con un promedio de 0,5 $\mu\text{g-at } H_2S-S/L$. Se observa en la zona central (fig. 8a) una distribución decreciente desde Fertisa hacia el oeste (0,60 a 0,40 $\mu\text{g-at } H_2S-S/L$), una isolínea de 0,45 se extendió desde el Terminal Pesquero hacia la zona norte. Concentraciones entre 0,45 y 0,50 $\mu\text{g-at } H_2S-S/L$ se localizaron en la zona sur entre la Isla San Lorenzo y La Punta. Estos valores fueron inferiores a los hallados en agosto 1996 (0,43 a 1,8 $\mu\text{g-at } H_2S-S/L$) cuando el 68 % fueron mayores de 0,6 $\mu\text{g-at } H_2S-S/L$.

En fondo, variaron entre 0,35 (estaciones 2A y 11) y 0,96 $\mu\text{g-at } H_2S-S/L$ (estación 25) con un promedio general de 0,5 $\mu\text{g-at } H_2S-S/L$.

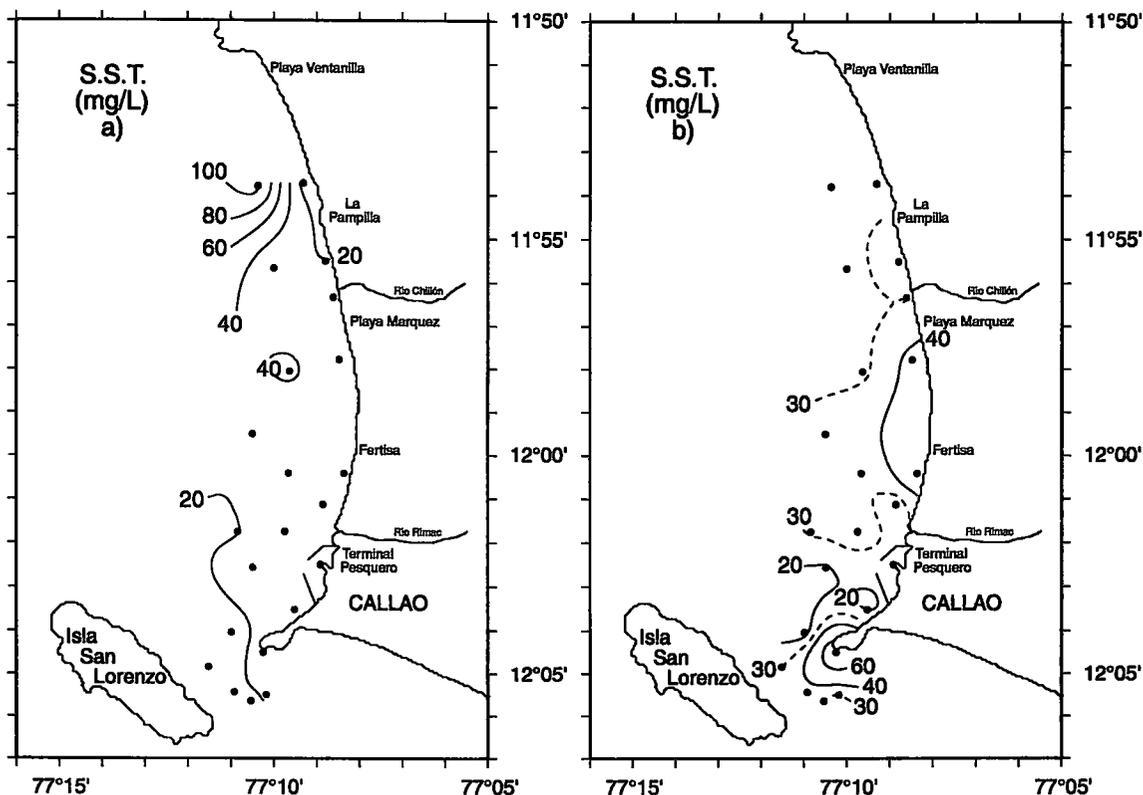


FIGURA 7. Distribución de sólidos suspendidos totales en: a) superficie y b) fondo. Bahía de Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

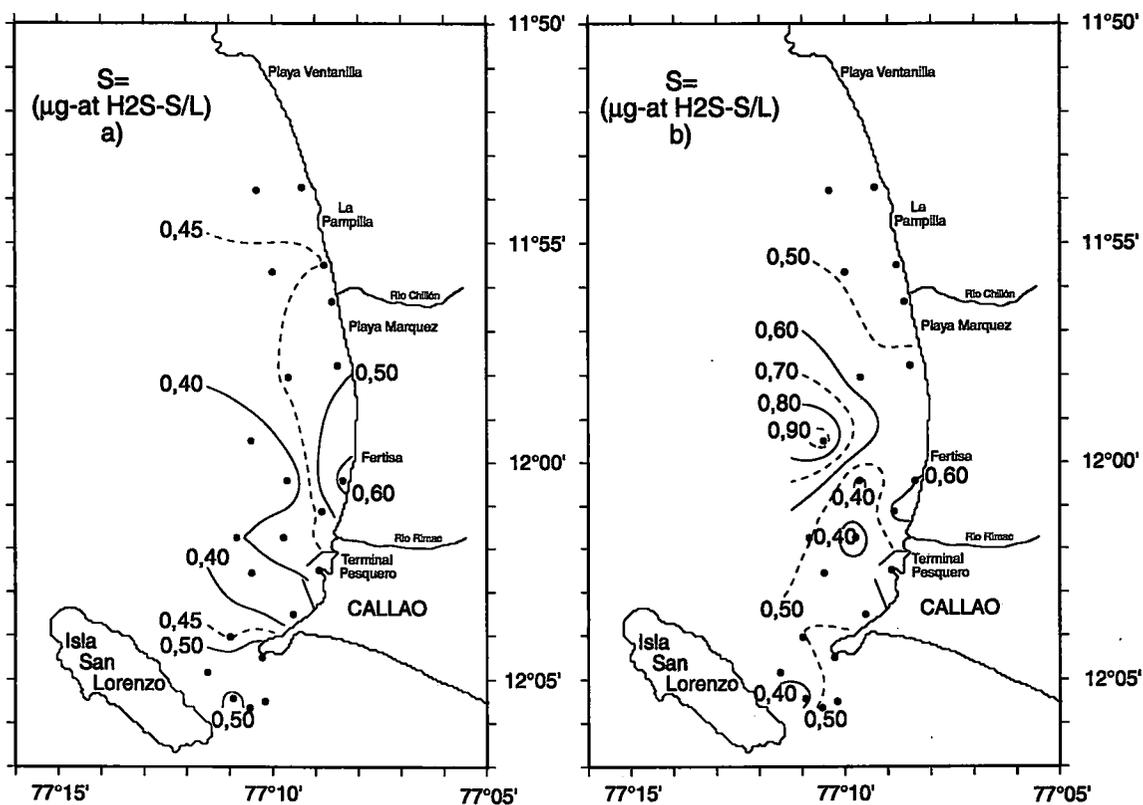


FIGURA 8. Distribución de sulfuros en: a) superficie y b) fondo. Área costera Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

En general, los resultados se mantuvieron dentro del rango detectado en áreas con carga orgánica no significativa ($<1,0 \mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$), a diferencia de lo registrado en bahías con intensa actividad industrial orgánica como Ferrol con un valor máximo de $55,89 \mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$ (JACINTO *et al.* 1996).

Estos valores experimentaron una disminución con relación al mes de agosto de 1996 ($0,58$ a $9,70 \mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$) cuando el 20% de ellos superaron los $4,0 \mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$. La distribución espacial (fig. 8b) presentó especialmente en la zona central dos grupos de isolíneas, el primero desarrolló una tendencia creciente ($0,50$ a $0,90 \mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$) entre playa Márquez y Fertisa, el segundo grupo (frente al río Rímac) presentó una isolínea dominante de $0,50 \mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$.

Aceites y grasas

En superficie, las concentraciones variaron de $0,11 \text{ mg/L}$ (estación 7) a $1,08 \text{ mg/L}$ (estación 8) con un promedio de $0,65 \text{ mg/L}$. Estos valores no fueron significativos respecto a áreas con una importante carga orgánica como Paracas, en período de producción industrial pesquera ($0,70$ a 480 mg/L , 50% de valores $>100 \text{ mg/L}$; mayo 1995)*.

3.3 Parámetros de contaminación microbiológica y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Los resultados del análisis microbiológico y de DBO₅ en la evaluación por mar se presentan en la tabla 3.

Indicadores microbiológicos de contaminación

La evaluación microbiológica del agua de mar en el área costera de Callao se muestra en la fig. 9. En superficie las estaciones evaluadas presentaron menores concentraciones de coliformes que las halladas en playas del litoral considerándose menos impactadas. Con relación a los coliformes totales, los valores variaron entre <30 y $>2,4 \times 10^4 \text{ NMP/100 mL}$. Las estaciones 8 (frente al brazo del emisor Callao) y 18 (al nor-oeste de La Pampilla) presentaron los mayores valores ($>2,4 \times 10^4 \text{ NMP/100 mL}$). El 80% de los valores hallados se ajustaron a los requerimientos de la Clase IV (zonas recreativas $<5000 \text{ NMP/100 mL}$); sin embargo respecto a la Clase V (zona de pesca de mariscos bivalvos) de límite más exigente (< 1000) sólo el 36% de valores fueron aceptables.

En cuanto a los coliformes fecales, se obtuvieron valores de <30 a $>2,4 \times 10^4 \text{ NMP/100 mL}$, las estaciones 8 y 18 presentaron nuevamente altas concentraciones. El 36% de valores hallados incumplieron con los requerimientos de la Clase V (1970, $<200 \text{ NMP/100ml}$) de la Ley General de Aguas (Reglamento 1969).

En general, se ha producido una disminución de valores respecto a los hallados en agosto 1996 (OROZCO 1997) especialmente en las proximidades del emisor Callao para coliformes totales y coliformes fecales ($93 \times 10^5 \text{ NMP/100mL}$); sin embargo como se aprecia en las distribuciones (fig. 9), estas descargas impactaron la calidad microbiológica del medio acuático marino.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Las concentraciones variaron de $0,22 \text{ mg/L}$ (estación 2; frente a playa Cantolao) a $7,32 \text{ mg/L}$ (estación 8) con un promedio de $1,97 \text{ mg/L}$ (fig. 10); estas concentraciones fueron cercanas a las

* Base de datos-Area de Evaluación de la Contaminación Marina. IMARPE.

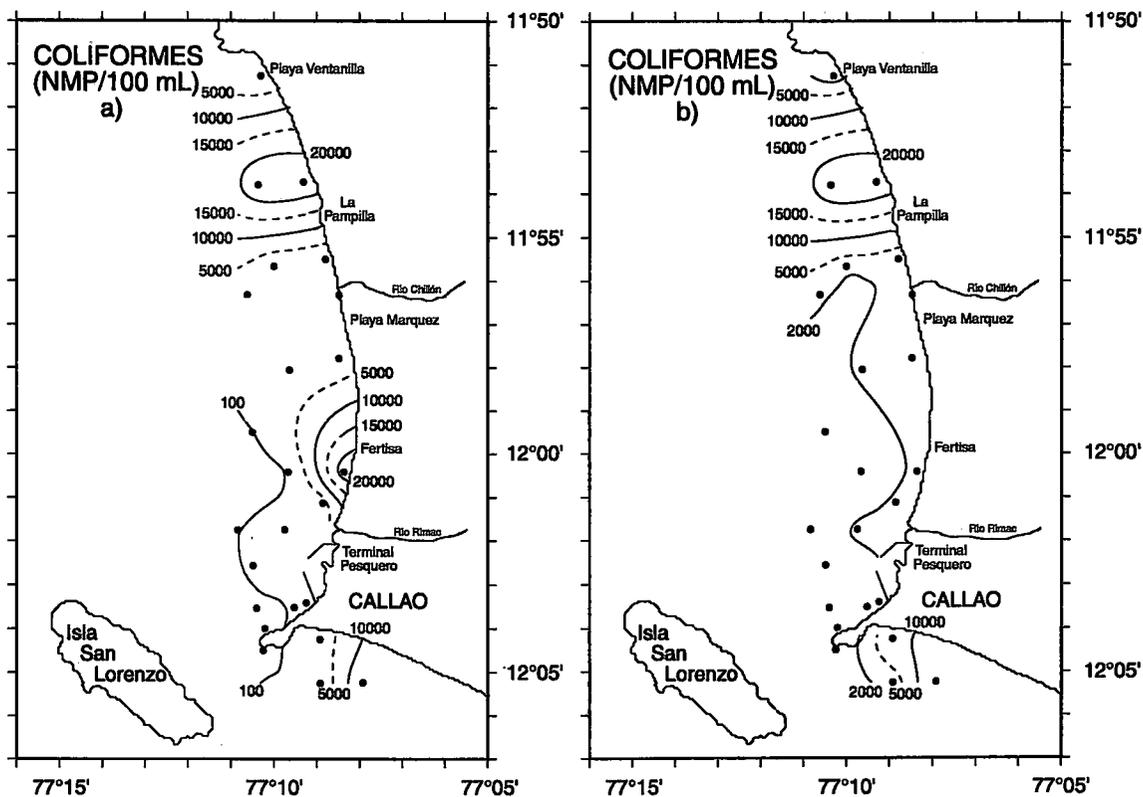


FIGURA 9. Distribución de coliformes en: a) fecales y b) totales. Area costera Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

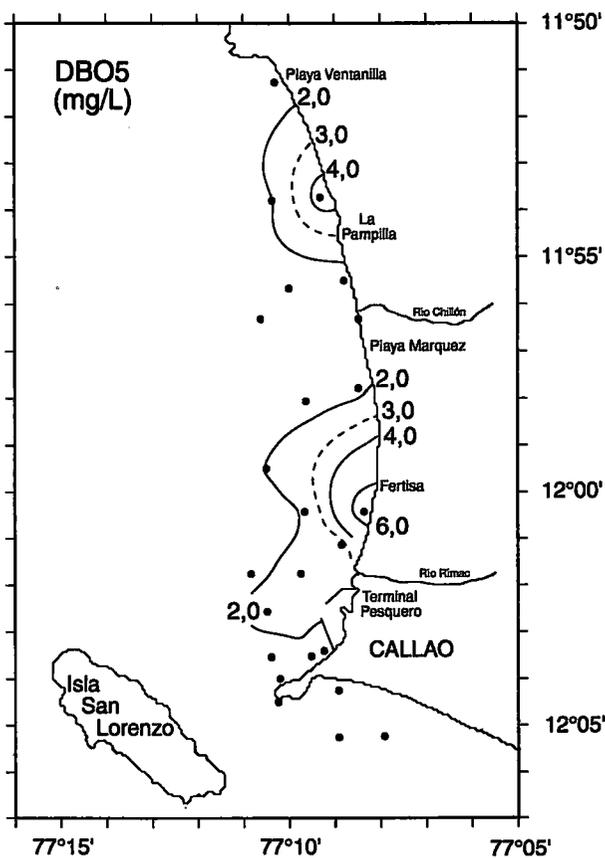


FIGURA 10. Distribución de la demanda bioquímica de oxígeno. Area costera Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

detectadas en agosto 1996 (1,43 a 8,72 mg/L) a excepción de lo hallado frente al río Rímac (66,50 mg/L) en aquella oportunidad. El mayor valor detectado en la estación 8 estuvo asociado a las mayores concentraciones de coliformes fecales y totales en el área de estudio. Los resultados fueron inferiores a los límites (10 mg/L) establecidos por la Ley General de Aguas vigente para el país, clases IV, V y VI (1970).

La distribución espacial (fig. 10) desarrollada fue similar a la de coliformes con núcleos de mayor concentración frente a Fertisa-emisor Callao y al norte de La Pampilla. A diferencia de los coliformes el mayor valor de DBO_5 hallado en la estación 8 indicaría una influencia de tipo local de las descargas orgánicas.

4. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN EN ZONA DE PLAYAS

Los resultados analíticos de los parámetros físicos y químicos de calidad y las observaciones realizadas los días 16 y 18 de agosto se presentan en la tabla 4; los resultados sobre indicadores microbiológicos de contaminación y de DBO_5 , en la tabla 5.

La temperatura en las playas del litoral varió entre 15,1 °C (Z.M. frente a AGA) a 20 °C (Z.M. del Colector Comas). La colecta de muestras en efluentes industriales y colectores domésticos detectó valores de 19 °C (Emisor Callao, delta) a 26 °C (Efluente compañía AGA). El mayor valor obtenido en el efluente industrial estuvo asociado al mayor potencial de iones hidronio ($pH=11,8$).

El oxígeno disuelto varió de 0,0 (Z.M. Colector Comas) a 4,94 mL/L (frente a Ajinomoto). Evidentemente los colectores y efluentes evaluados registraron estados anóxicos a excepción del efluente AGA que presentó una concentración de 4,37 mL/L.

Los sulfuros en playas estuvieron entre 0,467 (Terminal Pesquero) y 6,127 $\mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$ (Z.M. Colector Comas). En colectores y efluentes los valores variaron entre 1,052 y 8,654 $\mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$, el mayor valor correspondió al colector Comas. El exceso de carga orgánica proveniente de fuente doméstica altera no sólo la estética de playas sino la calidad física y química del medio marino acuático de la zona litoral. La descarga del colector Comas impactó al medio marino receptor (zona de mezcla) con alto contenido de sulfuros (6,127 $\mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$), condiciones anóxicas y bajos potenciales de iones hidronio (7,53).

En playas, el potencial de iones hidronio varió de pH 7,34 a 7,91; mientras en efluentes y colectores se obtuvieron las mayores variaciones de 7,01 a 11,80. El menor valor correspondió al emisor Callao y el máximo a efluente de compañía AGA.

La evaluación realizada en efluentes y colectores presentó alto contenido de sólidos suspendidos, en un rango de 204,4 a 3.525,0 mg/L. El colector Comas es el principal proveedor de sólidos en el área del Callao, seguido del emisor Callao. Los resultados en playas (que incluyen zonas de mezcla) presentaron valores de 21,39 a 58,76 mg/L (sin considerar la estación ZM del colector Comas); el mayor valor se localizó en Mar Brava. En general los valores en playas a excepción de la zona de mezcla del Colector Comas (322,2 mg/L) se ajustaron a los requerimientos de calidad del medio marino receptor (<100 mg/L) de la Ley General de Aguas (Reglamento 1969).

TABLA 3. Resultados de los análisis de demanda bioquímica de oxígeno y microbiológicos por mar. Area costera Callao. 16-18 de agosto de 1999.

Estación	DBO ₅ (mg/L)	Coliformes		Estreptococos fecales NMP/100mL	Numeración total ufc/mL
		totales NMP/100mL	fecales NMP/100mL		
1	2.04	1,5 x 10 ⁴	1,5 x 10 ⁴	> 2,4 x 10 ⁴	N.D.
2	0.22	9,3 x 10 ³	2,4 x 10 ³	2,4 x 10 ³	1,3 x 10 ⁴
3	1.55	2,4 x 10 ³	1,1 x 10 ³	4,6 x 10 ²	1,3 x 10 ⁴
4	1.47	1,5 x 10 ²	< 30	N.D.	1,4 x 10 ³
5	0.78	9,3 x 10	9,3 x 10	> 2,4 x 10 ³	2,2 x 10 ²
6	0.89	< 30	< 30	N.D.	2,0 x 10 ²
7	2.04	4,3 x 10	< 30	N.D.	1,5 x 10 ²
8	7.32	> 2,4 x 10 ⁴	> 2,4 x 10 ⁴	N.D.	1,4 x 10 ⁴
9	2.04	1,5 x 10 ²	< 30	N.D.	7,0 x 10 ²
10	1.43	4,3 x 10	4,3 x 10	N.D.	2,5 x 10 ³
11	2.58	> 2,4 x 10 ³	> 2,4 x 10 ³	N.D.	5,5 x 10 ³
12	2.47	> 2,3 x 10 ³	> 2,4 x 10 ³	N.D.	9,4 x 10 ³
14	1.06	< 30	< 30	N.D.	1,1 x 10 ⁴
15	2.94	1,1 x 10 ³	4,3 x 10 ²	N.D.	2,9 x 10 ³
16	1.31	9,0 x 10	9,0 x 10	9,0 x 10	N.D.
17	4.59	2,4 x 10 ⁴	2,4 x 10 ⁴	1,1 x 10 ⁴	2,6 x 10 ³
18	1.88	> 2,4 x 10 ⁴	> 2,4 x 10 ⁴	> 2,4 x 10 ⁴	3,4 x 10 ²
19	1.35	> 2,4 x 10 ³	1,1 x 10 ³	> 2,4 x 10 ³	5,3 x 10 ²
20	1.39	2,4 x 10 ³	9,2 x 10 ²	1,5 x 10 ³	3,3 x 10 ³
21	1.79	4,3 x 10 ³	2,3 x 10 ³	9,0 x 10 ²	2,7 x 10 ³
22	1.63	4,3 x 10 ³	9,0 x 10 ²	9,0 x 10 ²	1,8 x 10 ³
23	1.55	> 2,4 x 10 ³	> 2,4 x 10 ³	N.D.	2,2 x 10 ³
24	1.79	> 2,4 x 10 ³	> 2,4 x 10 ³	> 2,4 x 10 ³	> 2,4 x 10 ³
25	2.04	< 30	< 30	N.D.	1,5 x 10 ³
Mínimo	0.22	< 30	< 30	9,0 x 10	1,5 x 10 ²
Máximo	7.32	> 2,4 x 10 ⁴	> 2,4 x 10 ⁴	> 2,4 x 10 ⁴	1,5 x 10 ⁴

N.D.: No Detectado

TABLA 4. Evaluación del muestreo por playas. Area costera Callao-Ventanilla. 16-18 agosto de 1999

Estación	Punto Muestreo	Temp °C	Oxig (mL/L)	Sulfuros (µg-at H ₂ S-S/L)	pH	SST (mg/L)	Grasas (mg/L)	Observaciones
Playa Ventanilla "A"	A 3 m de línea de playa	16.5	3.9	1.65	7.88	25.5	-	Playa arenosa, sucia. Basura doméstica, restos de llantas, troncos, etc. en una extensión de más de 3 km de largo. Mar color : verde paca. Estado: 01. Fuertes vientos de oeste hacia la costa.
Río Chillón "C"	A 3 m de línea de playa	16.2	4.6	0.69	7.88	21.4	-	Río casi seco. Abundante basura doméstica, a lo largo de la playa. El río ha formado un delta cerrado por piedras; filtración del mismo hacia el mar, caudal pobre.
Playa Márquez (Frente a Vencedor) "D"	A 3 m de línea de playa	16.0	4.0	0.50	7.91	29.3	-	Playa con resto de troncos, pastos y chacras en una extensión de más de 2 km. Mar: color verde oscuro, estado 01
	Efluente Cfa. AGA	26.0	4.4	1.05	11.83	47.0	-	Efluente con descarga en dos tiempos, con cambios de coloración: blanquecina y rojiza. Muestra tomada durante descarga rojiza o marrón.

continúa...

TABLA 4 (continuación)

Estación	Punto Muestreo	Temp °C	Oxig (mL/L)	Sulfuros (µg-at H ₂ S-S/L)	pH	SST (mg/L)	Grasas (mg/L)	Observaciones
	Z.M. (A 3 m de línea de playa)	15.1	4.7	0.59	7.88	40.2	-	Playa con presencia de basura, troncos, latas, etc. Presencia de descargas inoperativas. Mar color: marrón, estado: 01
Ajinomoto "E"	A 3 m de línea de playa	15.5	4.9	0.59	7.34	45.3	-	Playa con presencia de basura doméstica. Mar color: verde oscuro, estado, 01.
	Colector "G"	21.0	0.0	8.65	7.2	3 525.0	-	3 colectores descargando intensamente. 2 con bajo caudal. Olor fétido penetrante. Aguas domésticas negras. Abundante basura alrededor.
	Z.M. (A 3 m de línea de playa) "F"	20.0	0.0	6.13	7.53	322.2	-	Zona de depósito clandestino de basura. Mar color oscuro (marrón) fuerte olor fétido.
Frente a ex fca. Molipasa "H"	Z.M. Emisor (A 3 m de línea de playa)	17.8	3.2	2.61	7.60	30.1	0.16	Playa con un delta de 2 km aproximadamente formado por la desviación de descarga del emisor Callao unido a otras pequeñas aguas de regadío. Olor fétido. Mar turbio.
	Altura Molipasa (brazo)	19.0	0.0	-	7.45	204.4	-	Toma de muestra en Z.M. al final del delta de emisor Callao. Extensión a 2 km de descarga.
Emisor Callao "J"	Emisor	19.5	0.0	-	7.01	336.2	-	Fuerte caudal. Emisor localizado en asentamiento humano a 200 m de línea de playa. Basura alrededor y cubierto de vegetación.
Mar Brava (frente a ENAM) "M"	A 3 m de línea de playa	17.0	3.8	0.84	7.70	58.8	0.30	Playa rocosa. Pescadores artesanales en plena faena. Pesca de pejerrey. Mar color verde paca, estado 02.
Playa Cantolao "P"	A 3 m de línea de playa	16.0	3.7	0.88	7.80	50.6	0.40	Playa pedregosa, limpia. Mar color verde paca, estado 01.
Terminal Pesquero "K"	A 1m del muelle	19.5	3.0	0.47	7.85	53.3	0.43	Pescadores y vendedores en plena actividad. Concentración de lanchas pequeñas de 3 t de carga en el terminal. Manchas de combustible en las aguas.

Z.M. : Zona de mezcla

SST : Sólidos suspendidos totales

TABLA 5. Resultados de los análisis de demanda bioquímica de oxígeno y microbiológicos por playa. Area costera Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

Fecha	Estación	Ubicación	DBO ₅ (mg/L)	Coliformes		Estreptococos fecales NMP/100mL	Numeración total ufc/mL
				totales NMP/100mL	fecales NMP/100mL		
16/8/99	A	Ventanilla	1.95	4,3 x 10 ²	7,0 x 10	> 2,4 x 10 ³	N.D.
16/8/99	C	Rfo Chillón	2.44	4,6 x 10 ⁴	4,6 x 10 ⁴	> 2,4 x 10 ⁴	2,9 x 10 ⁴
16/8/99	D	Playa Márquez	1.39	9,3 x 10 ²	1,5 x 10 ²	1,2 x 10 ³	3,1 x 10 ⁴
17/8/99	E	Ajinomoto	1.89	9,3 x 10 ²	9,3 x 10 ²	4,6 x 10 ²	N.D.
17/8/99	F	Z.M. Colector Comas	2.36	1,2 x 10 ⁶	1,2 x 10 ⁶	> 2,4 x 10 ⁵	1,3 x 10 ⁴
17/8/99	G	Colector Comas	86.08	> 2,4 x 10 ⁹	> 2,4 x 10 ⁹	> 2,4 x 10 ⁹	> 2,1 x 10 ⁶
17/8/99	H	Z.M. Colector Callao, Fte. a ex-Molipasa	18.73	> 2,4 x 10 ⁶	1,1 x 10 ⁶	> 2,4 x 10 ⁶	2,3 x 10 ⁵
17/8/99	J	Colector Callao	4898.33	> 2,4 x 10 ⁹	1,1 x 10 ⁹	> 2,4 x 10 ⁸	1,5 x 10 ⁶
18/8/99	K	Terminal Pesquero	5.00	2,4 x 10 ⁴	4,3 x 10 ³	4,6 x 10 ⁴	2,8 x 10 ⁴
18/8/99	L	Mar Brava, Fte a bahía Miraflores	1.43	1,5 x 10 ³	3,9 x 10 ²	> 2,4 x 10 ³	N.D.
18/8/99	M	Fte. a ENAMM, Mar Brava	1.06	4,3 x 10 ²	9,0 x 10	9,3 x 10 ²	N.D.
18/8/99	N	Malecón Wiese, bahía de Miraflores	0.82	9,0 x 10	4,3 x 10	4,6 x 10 ²	4,5 x 10 ³
18/8/99	O	Malecón Pardo, bahía de Miraflores	N.D.	1,5 x 10 ²	4,3 x 10 ²	1,1 x 10 ³	4,5 x 10 ³
18/8/99	P	Playa Cantolao, bahía de Callao	1.65	1,5 x 10 ²	4,3 x 10	1,1 x 10 ³	3,9 x 10 ³
		Mínimo *	0.82	9,0 x 10	4,3 x 10	4,6 x 10 ²	3,9 x 10 ³
		Máximo *	86.08	> 2,4 x 10 ⁶	1,2 x 10 ⁶	> 2,4 x 10 ⁶	2,3 x 10 ⁵

Z.M. : Zona de Mezcla

N.D.: No Detectable

* No se han considerado los valores de los colectores

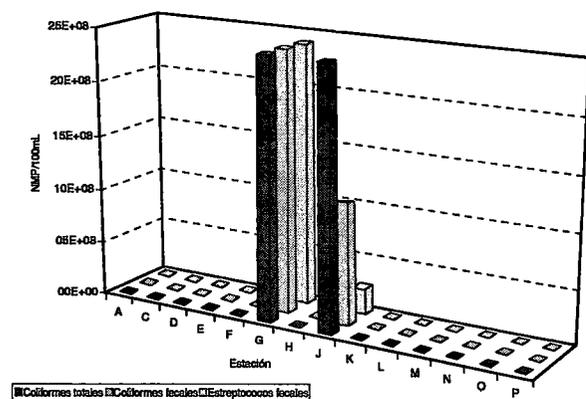


FIGURA 11. Resultados de los indicadores de contaminación microbiológica en playa. Area costera Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

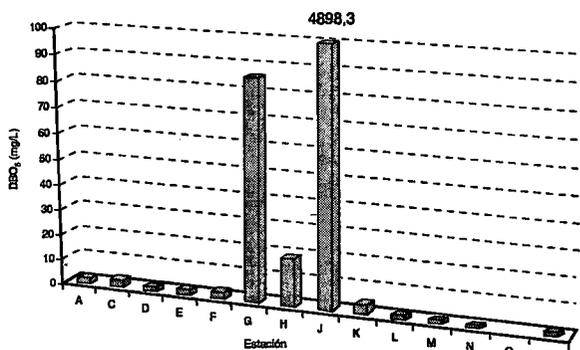


FIGURA 12. Resultados de la demanda bioquímica de oxígeno en playa. Area costera Callao. 16 - 18 de agosto de 1999.

La zona comprendida entre Compañía AGA y Colector Callao (estaciones D1 a J), localizadas en la franja central, presentó concentraciones altas en los diversos indicadores de contaminación fecal, considerándose como la zona más afectada. Concentraciones de coliformes totales en las playas visitadas presentaron un amplio rango desde $9,0 \times 10$ hasta $>2,4 \times 10^9$ NMP/100 mL, correspondiéndole el máximo a las estaciones G (colector Comas) y J (emisor Callao) y el mínimo a la estación N (Malecón Wiese, La Punta). Los coliformes fecales variaron entre $4,3 \times 10$ y $>2,4 \times 10^9$ NMP/100 mL, la mayor concentración se localizó en la estación G (Colector Comas). El contenido de estreptococos fue mayor con respecto al de coliformes, variando de $4,6 \times 10^2$ a $>2,4 \times 10^9$ NMP/100 mL. Los colectores domésticos presentaron los mayores contenidos. La franja litoral correspondiente a La Punta presentó concentraciones bajas en coliformes totales, fecales y estreptococos fecales. La fig. 11 expresa un análisis comparativo de los resultados.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) en playas varió entre 0,81 mg/L (estación N; Malecón Wiese) y 18,73 mg/L (estación H; zona mezcla Colector Callao frente a ex-Molipasa). Aunque el colector Comas (estación "G") presentó una concentración superior (86,08 mg/L) a los 10 mg/L es el emisor Callao (estación "J") el que presentó condiciones críticas de materia orgánica (4.898,33 mg/L) ejerciendo una contaminación local. La fig. 12 muestra en forma comparativa los resultados obtenidos.

5. DISCUSION

Las menores temperaturas ($< 16^\circ\text{C}$) y contenido de oxígeno disuelto ($< 2,5$ mL/L) a nivel superficial se distribuyeron alejadas de la línea costera principalmente entre el tramo de los ríos Chillón y Rímac, las condiciones más intensas se desarrollaron al norte de la rada (concentraciones de $O_2 = 2,0$ mL/L) zona que se caracteriza como uno de los focos de afloramiento coincidiendo con las apreciaciones hechas por JACINTO y CABELLO (1997) en la evaluación invierno 1995 y GUILLÉN y LOSTAUNAU (1986) durante el invierno de 1984 en el área estudiada.

Evaluaciones realizadas en los meses de invierno (1995-1999)* indicaron en general promedios bajos en el contenido de oxígeno disuelto superficial (2,77 a 2,91 mL/L) con relación a otros períodos estacionales del año. Estas concentraciones estuvieron asociadas al descenso

* Base de datos-Area de Evaluación de la Contaminación Marina. IMARPE

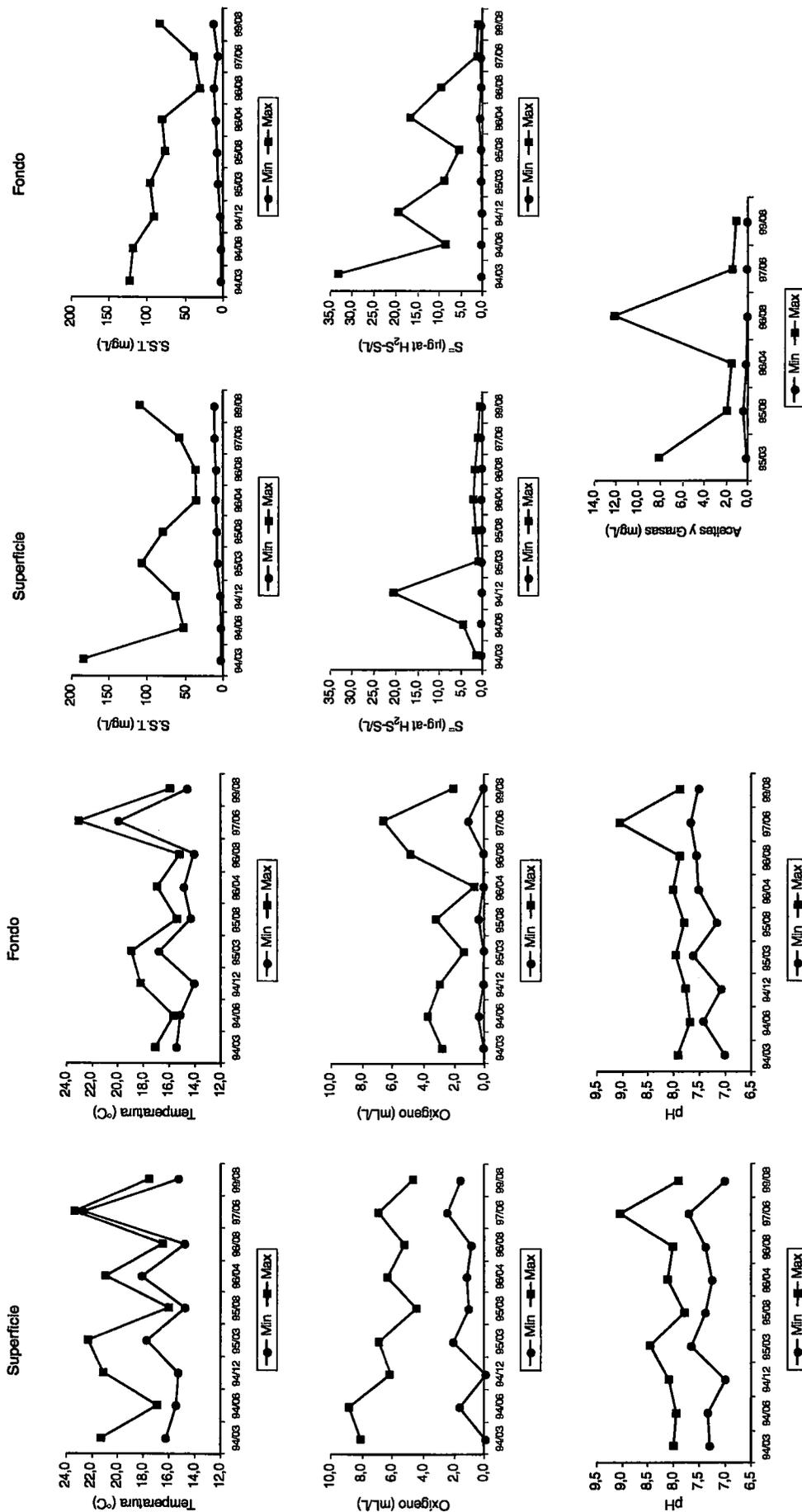


FIGURA 13. Gráficos comparativos de los parámetros ambientales. Area costera Callao. 1994 - 1999.

característico de temperaturas de las Aguas Costeras Frías (ACF) que caracterizan aguas afloradas. Las concentraciones de oxígeno a 1,0 m de fondo marino (promedio: 0,5 mL/L) correspondieron a flujos de agua pobres en oxígeno y a una carga orgánica que contribuye al consumo parcial del mismo.

La salinidad a nivel superficial próximo a la línea costera se ha visto principalmente influenciada por las descargas domésticas Colector Comas y Emisor Callao, por lo que la distribución espacial (fig. 3a) presenta núcleos de menor concentración (isolíneas de 34,5 ups) frente a las mencionadas descargas por efectos de mezcla asociados además con valores de pH bajos (<7,60). Los ríos en esta oportunidad no ejercieron influencia significativa debido al pobre caudal vertido al medio marino respecto a la estación de verano.

De otro lado, los colectores son proveedores de una importante carga microbiana ($>2,4 \times 10^9$ NMP/100 mL, Figs. 9a, 9b) que produjo un impacto en la calidad microbiológica de las aguas marinas. Aunque esta carga está asociada a contenidos altos de materia orgánica (DBO_5 : >100 mg/L, Tabla 5), esta última ejerció influencia local que se reflejó en la distribución espacial discreta de valores de DBO_5 (<10 mg/L) en el medio marino receptor.

En este período estacional es característica, especialmente en el área Callao, la asociación que presentan bajos valores de temperatura, oxígeno y salinidad que indican procesos de afloración costera en el medio marino fuera de la influencia de las descargas en zonas próximas a la línea de playas.

Evidentemente, la zona litoral comprendida entre los ríos Rímac y Chillón es afectada principalmente por descargas domésticas, luego industriales y por la acumulación de basura (extendiéndose hasta las playas de Ventanilla), convirtiéndolos en focos de infección con serio deterioro en la calidad acuática y estética de playas haciéndolo inaccesible para los diversos usos contemplados en la Ley General de Aguas (1969).

6. CONCLUSIONES

1. Los parámetros físicos y químicos de calidad acuática se ajustaron a los requerimientos legales de las Clases IV, V y VI (1970) de la Ley General de Aguas (Reglamento 1969) durante la estación otoño 1999. Los aceites y grasas y sulfuros correspondieron a áreas con carga orgánica no significativa en el medio marino acuático.

2. El descenso de temperatura estuvo asociado principalmente con bajas concentraciones de oxígeno disuelto que caracterizan la estación de invierno durante procesos de afloración. La zona comprendida entre ríos Rímac y Chillón respondió a estas características.

3. Las diversas descargas emitidas al ambiente marino principalmente colectores (Comas y Callao) originaron aguas de mezcla disminuyendo el contenido salino y ocasionando anomalías en las temperaturas en áreas próximas a éstas, a su vez éstas introducen al medio marino una importante carga microbiana.

4. Las zonas norte (al noroeste de La Pampilla) y centro (frente al brazo del emisor Callao) presentaron los mayores contenidos microbiológicos de coliformes totales y fecales superando los límites menos exigentes de calidad (Clase VI, 1970). El 36% de concentraciones halladas incumplieron con los requerimientos de la Clase V (1970, <200 NMP/100 mL) de la Ley General de Aguas (1969).

5. Se identificaron playas desde Ventanilla hasta el emisor Callao como focos de infección por residuos sólidos, debido a la basura acumulada y descarga de manera informal en estas zonas. Esta situación reflejó un serio deterioro de la calidad acuática y estética de playas y, por ende, ocasionó una limitación de usos contemplados en la Ley General de Aguas.

6. La zona de playas comprendida entre Compañía AGA y Colector Callao (estaciones D1 a J) presentó concentraciones altas en los diversos indicadores microbiológicos de contaminación (coliformes fecales y totales) indicando un impacto localizado.

7. Agradecimiento

A la Srta. Blga. SOPHIA PONCE LEON de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por su colaboración en el estudio microbiológico realizado. A los Srs. Tcos. RAÚL BERNAOLA y DONATO UECHI del Instituto Simón Bolívar, por el apoyo analítico y procesamiento de datos que hicieron posible la elaboración del informe.

8. Referencias

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1992. Methods for examination of water and wastewater. 18th Ed. New York: 1-193.
- ENVIRONMENTAL LABORATORY WATER RESOURCES SERVICE. DEPARTMENT OF ENVIRONMENT. 1976. A laboratory manual for the chemical analysis of waters, wastewaters sediments and biological tissues. Second edition. Vancouver, B.C.
- GRASSOFF, K. 1976. Methods of seawater Analysis. Verlag Chemie. New York.
- GUILLÉN, O. y N. LOSTAUNAU, 1986. El fenómeno El Niño 1982-1983 y sus efectos frente al puerto del Callao. Bol. Inst. Mar Perú. 10(8).
- IMARPE. AREA DE EVALUACION DE LA CONTAMINACION MARINA. 1999. Base de datos de parámetros físicos y químicos de calidad acuática a lo largo de la costa peruana 1994-1999.
- INTERNATIONAL STANDARD. 1983. Water quality determination of biochemical oxygen demand after n day (BOD_n)- Dilution and seeding method. ISO 5815. International Standard. 12 pp.
- JACINTO, M. E. y R. CABELLO, 1997. Evaluación del estado de la calidad del ecosistema marino costero de la bahía Callao-Ventanilla durante el período 1994-1996. Sociedad Química del Perú XX Congreso Peruano de Química.
- JACINTO M. E., R. CABELLO, M. GUZMÁN, O. MORÓN, P. VILLANUEVA Y J. CÓRDOVA. 1996. Evaluación de la contaminación marina en la bahía de Ferrol-Chimbote. 14-18 julio 1994. Inf. Prog. Inst. Mar Perú 48: 21-56.
- OROZCO, R., S. CASTILLO, E. FERNÁNDEZ, C. FIERRO, O. MORÓN, J. SOLÍS, G. FLORES. 1999. Contaminación sobre el ecosistema marino del Callao en abril y setiembre 1997. Inf. Prog. Inst. Mar Perú 103. 36 pp.
- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE AGUAS (D. L.17752), 1969.
- STANDARD METHODS. 1980. For the examination of water and wastewater. 15th edition. APHA-AWWA-WPCF.