



informe progresivo

nº
138

Febrero
2001

**Evaluación de la calidad acuática en el área costera
del Callao. Agosto 2000**

Manuel Guzmán
María Jacinto
Sonia Castillo
Luis Vásquez
Elcira Delgado 3

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

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (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

© 2001, Instituto del Mar del Perú
Esquina Gamarra y General Valle
Apartado Postal 22
Callao, PERÚ
Teléfono 429-7630 / 420-2000
Fax(511) 465-6023
E-mail:imarpe@imarpe.gob.pe

Hecho el depósito de Ley 2001-0871
Reservados todos los derechos de reproducción total
o parcial, la fotomecánica y los de traducción.

Impresión: Fimart S.A.C.
Av. Del Río 111 - Pueblo Libre
Teléfono: 424-0662
Tiraje: 300 ejemplares
Terminado de imprimir: octubre 2001

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ACUÁTICA EN EL ÁREA COSTERA DEL CALLAO. AGOSTO 2000

Manuel Guzmán, María Jacinto y Sonia Castillo

Unidad de Monitoreo y Gestión del Ambiente
Marino Costero. DIAGCyAC.IMARPE

Luis Vásquez

Unidad de Investigaciones Oceanográficas del
Ecosistema Demersal DIRDyL. IMARPE

Elcira Delgado

Unidad de Investigaciones del Sistema
Planctónico. DIRPNyO. IMARPE

CONTENIDO

Resumen	3
1. Introducción.....	4
2. Material y métodos.....	4
2.1 Muestreo.....	4
2.2 Determinaciones.....	5
3. Resultados y discusión de la evaluación por mar.....	6
3.1 Parámetros hidrográficos y de circulación marina.....	6
3.2 Parámetros físicos y químicos de calidad acuática.....	10
3.3 Parámetros de contaminación microbiológica y demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	14
3.4 Características del fitoplancton.....	16
4. Resultados y discusión de la evaluación en zona litoral.....	20
5. Conclusiones.....	25
6. Referencias.....	27

RESUMEN

Se presentan los resultados analíticos de la evaluación ambiental realizada en el área costera del Callao del 23 al 25 de agosto del 2000. Los valores registrados indicaron condiciones aceptables de sólidos suspendidos (<100 mg/L), pH (7,62 a 8,09) 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, con excepción de ciertos sectores ubicados frente al río Rímac (estaciones: 12 y 9).

En relación al oxígeno disuelto, el 100% de los valores registrados en superficie superaron los límites de la Clase IV (>2,1 mL/L equivalente a >3,0 mg/L). A 1,0 m del fondo marino, el 22% de las concentraciones fueron hipóxicas (<1,0 mL/L) y en general el 61% de los valores fueron inferiores a 2,1 mL/L; estos valores estuvieron asociados a bajas temperaturas (<17,5 °C).

La evaluación microbiológica indica un incremento en la concentración de bacterias indicadoras de contaminación fecal con relación al registro de agosto 1999 en la zona frente a la Punta.

El indicador de Aguas Costeras Frías (ACF), *Protoperidinium obtusum*, fue registrado casi en todas las estaciones desde Ventanilla hasta el sur del Terminal Pesquero.

Las playas localizadas entre Ventanilla y el emisor Callao se identificaron como focos de infección por basura acumulada; a esto se suma el serio deterioro estético y alteración en la calidad de parámetros físicos y químicos en la zona de mezcla y área circundante por efecto de las descargas, especialmente de tipo doméstico (colector Comas).

INTRODUCCIÓN

A lo largo del litoral del Callao se ubican los ríos Rímac y Chillón y diferentes fuentes contaminantes como son: colectores domésticos, descargas industriales, aguas de regadío, etc. También al norte de la bahía se ubica la refinería La Pampilla en Ventanilla. Asimismo en el puerto hay un intenso tráfico marítimo, el cual incluye distintas actividades de carga y descarga (minerales, petróleo, derivados de crudo, etc.).

A consecuencia de las diversas actividades mencionadas se altera en muchos casos la calidad de los parámetros físicos y químicos propios del medio marino. El Instituto del Mar del Perú viene desarrollando desde 1994 monitoreos de la calidad del medio marino en la costa peruana. El objetivo de la evaluación realizada entre el 23 y 25 de agosto 2000 ha sido continuar con la vigilancia de la calidad acuática del medio marino y comparar su variación con respecto a la evaluación efectuada en 1999.

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Muestreo

La evaluación del agua de mar y playas del área costera del Callao se llevó a cabo del 23 al 25 de agosto de 2000. El área evaluada estuvo delimitada de la siguiente manera:

$$11^{\circ} 51' - 12^{\circ} 06' \text{S y} \\ 77^{\circ} 07' - 77^{\circ} 12' \text{W.}$$

Se realizó un total de 21 estaciones por mar y 13 estaciones por playa (Figura 1).

Muestreo en mar

Se empleó la embarcación "Mi pequeño sembrador" de 24 pies de eslora, con motor fuera de borda, y a una velocidad aproximada de 6 nudos. Para la colecta de muestras a nivel superficial se empleó un balde de plástico de 10 L de capacidad; y a 1,0 m del fondo una botella Niskin de 10 litros con termómetro de inversión. La evaluación permitió registrar los

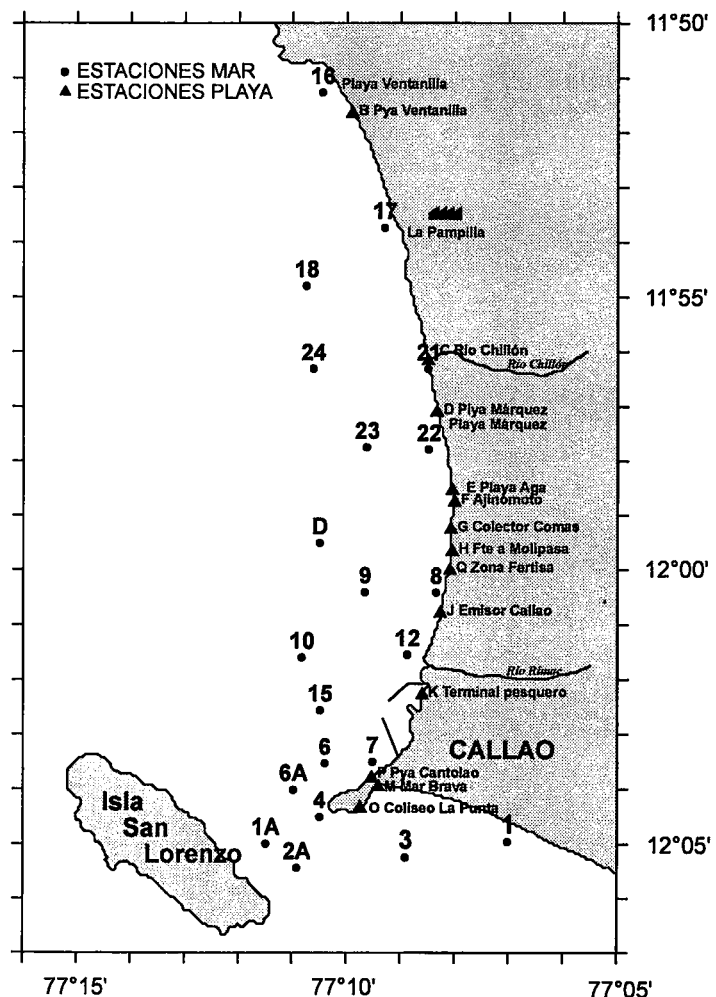


FIGURA 1. Carta de posiciones de la evaluación de la calidad acuática. Área costera Callao, 23 - 25 de agosto de 2000.

parámetros físico-químicos, microbiológicos y DBO_5 de calidad acuática. Se colectó además un total de 17 muestras de plancton superficial, colectadas con red estándar de fitoplancton, a través de arrastres superficiales en cada una de las estaciones durante 5 minutos a velocidad de 3,0 nudos. Asimismo se complementó la información con observaciones visuales.

Muestreo por playas

La evaluación por playas en el litoral del Callao estuvo comprendida por el norte desde la playa Ventanilla, hasta el sur por la playa de Mar Brava. En general, se realizaron 14 estaciones que comprendieron zonas de balneabilidad, industrial, de colectores domésticos, etc. Los puntos de muestreo se realizaron aproximadamente de 3-5 m de la línea de playa; la colecta de muestras comprendió, además, la toma de descargas o efluentes de tipo doméstico e industrial y zonas de mezcla.

2.2. Determinaciones

Las determinaciones físico-químicas, microbiológicas y DBO_5 de los parámetros de calidad acuática 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 (Standard Methods 1980).
- Método colorimétrico de FONSELIUS para la determinación de sulfuro de hidrógeno (GRASSHOFF 1976).
- Método potenciométrico por medio del HANNA HI 9023 C para la determinación del pH.
- Método gravimétrico para la determinación de grasas y aceites (Environment Water Resources Service, 1976).
- Método de inducción usando el Portasal Guildline 8410A, para la determinación de salinidad.
- Se emplearon boyas a la deriva, un compás magnético y un GPS para la determinación de la circulación marina (dirección y velocidad).
- El Método de los tubos múltiples (Número más probable) según el Standard Methods for Examination (1980) para la cuantificación de coliformes totales, coliformes termotolerantes y estreptococos fecales. Asimismo, se realizó la cuantificación de bacterias aerobias mesófilas utilizando la técnica de diseminación en placa descrita en el Standard Methods for Examination (1980). Se realizó siguiendo la metodología de los tubos múltiples.
- Método para la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) según la Técnica descrita por la ISO 5815 (1983).
- La identificación del fitoplancton se realizó según: CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971). Los resultados se expresan en mL de plancton/ m^3 de agua de mar filtrada (mL/m^3).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA EVALUACIÓN POR MAR

3.1. Parámetros hidrográficos y de circulación marina

Los resultados de los parámetros hidrográficos y de circulación marina se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros hidrográficos y de circulación. Área costera Callao.
23 - 25 agosto 2000

Estación	Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Prof. (m)	Temp. (°C)	Salinidad (ups)	Velocidad (cm/s)	Rumbo (°)
23	23/08/2000	10:05	11°57'45,0"	77°09'38,3"	0	16,4	34,738	6,9	333
					12	15,8	35,053	7,7	271
24		10:48	11°56'19,2"	77°10'37,5"	0	17,4	35,100	32,9	10
					17	16,2	35,041	16,2	277
18		11:35	11°54'48,2"	77°10'45,2"	0	16,5	34,669	17,8	314
					18	15,8	35,030	13,8	277
16		12:27	11°51'16,0"	77°10'27,6"	0	16,8	34,526	10,6	322
					11	15,6	35,021	8,7	302
17		13:28	11°53'44,4"	77°09'18,5"	0	16,5	34,973	14,2	5
					8	16,0	35,041	2,6	27
21		14:20	11°56'19,5"	77°08'30,0"	0	16,5	34,938	24,0	2
					5	16,1	34,764	19,0	273
15	24/08/2000	09:16	12°02'33,9"	77°10'29,7"	0	16,4	35,041	6,7	320
					15	15,7	35,032	1,0	315
10		09:47	12°01'36,0"	77°10'50,1"	0	17,3	35,120	17,3	73
					20	15,9	35,035	16,2	32
9		10:27	12°00'24,8"	77°09'40,2"	0	16,4	35,028	30,0	20
					7	15,7	35,063	22,0	41
D		11:01	11°59'30,4"	77°10'30,3"	0	17,7	35,178	26,0	29
					19	15,7	35,042	11,0	273
22		11:51	11°57'47,4"	77°08'29,5"	0	16,9	34,498	20,0	2
					8	16,1	35,116	14,0	276
8		12:44	12°00'25,3"	77°08'21,0"	0	17,2	34,996	16,8	29
					3	16,4	35,026	8,4	32
12		13:35	12°01'33,1"	77°08'53,0"	0	17,2	25,078	23,6	14
					2	16,9	35,035	20,2	15
7		14:42	12°03'30,6"	77°09'31,5"	0	16,7	35,031	9,7	274
					8	16,0	35,032	4,7	14
6	25/08/2000	08:59	12°03'32,1"	77°10'24,2"	0	17,0	34,927	5,5	315
					11	15,8	35,048	2,5	190
6A		09:38	12°04'01,2"	77°10'59,2"	0	17,1	----	19,8	306
					9	15,8	35,067	4,4	189
4		10:20	12°04'30,8"	77°10'29,9"	0	17,1	35,059	17,8	339
					2	17,0	35,000	19,6	320
3		11:08	12°05'15,0"	77°08'55,0"	0	17,4	34,978	16,7	249
					11	17,0	35,092	7,8	265
1		12:07	12°04'57,9"	77°07'01,9"	0	17,6	34,637	17,3	286
					7	17,0	35,040	5,9	278
2A		13:16	12°05'26,4"	77°10'55,4"	0	17,9	35,043	23,3	270
					9	17,5	35,140	15,4	268
1A		14:12	12°05'00,0"	77°11'30,0"	0	17,5	35,063	26,5	295
					7	17,3	35,080	13,8	281

Nº = Número de ejemplares

Temperatura

La temperatura en superficie varió de 16,4 a 17,9 °C, con un promedio de 17,0 °C, presentando esta zona condiciones ligeramente homogéneas, con anomalías térmicas positivas que variaron de +0,5 a +0,9 °C (Fig. 2). La distribución de isotermas muestra las temperaturas más altas (mayores a 17,5 °C) en la parte sur del área de estudio (entre la Isla San Lorenzo y La Punta) asociadas a aguas procedentes de la bahía Miraflores y a 3 mn frente a la playa Oquendo. Los mínimos valores (menores de 16,5 °C) se presentaron en una franja intermedia entre Ventanilla y el Callao, el área costera al sur de la playa Oquendo registró temperaturas ligeramente mayores a 17 °C (Fig. 3a).

A 1,0 m del fondo se registraron temperaturas entre 15,6 °C y 17,5 °C, con un valor promedio 16,3 °C (Fig. 3b). En la distribución térmica, se observó que las áreas menos profundas ubicadas próximas a la costa y en las proximidades de la isla San Lorenzo presentaron los valores más elevados de temperatura, mientras que en las estaciones más profundas (alejadas a la línea de costa) ubicadas al norte de La Pampilla se registraron valores menores de 16,0 °C.

Salinidad

En superficie la bahía presentó valores que variaron de 25,078 a 35,178 ups (Fig. 4a), los valores bajos se deben a la descarga de los ríos Rímac y Chillón, así como a la de los colectores, las que dan lugar a la formación de grandes zonas de mezcla que cubren gran parte del área evaluada. Los valores elevados se deben a la proyección hacia la costa de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS).

Los valores menores de 26,00 ups se ubicaron en las proximidades de la desembocadura del río Rímac; otras zonas con bajas concentraciones se ubicaron una al sur de la desembocadura del río Chillón y otra frente a Mar Brava. La mayor proyección de las ASS se observó en la parte central del área evaluada, frente a Playa Oquendo, donde se registraron valores de hasta 35,18 ups.

La salinidad cerca al fondo presentó valores que variaron entre 34,764 y 35,140 ups (Fig. 4b). En general en este nivel se presentaron las mayores concentraciones en relación con la de

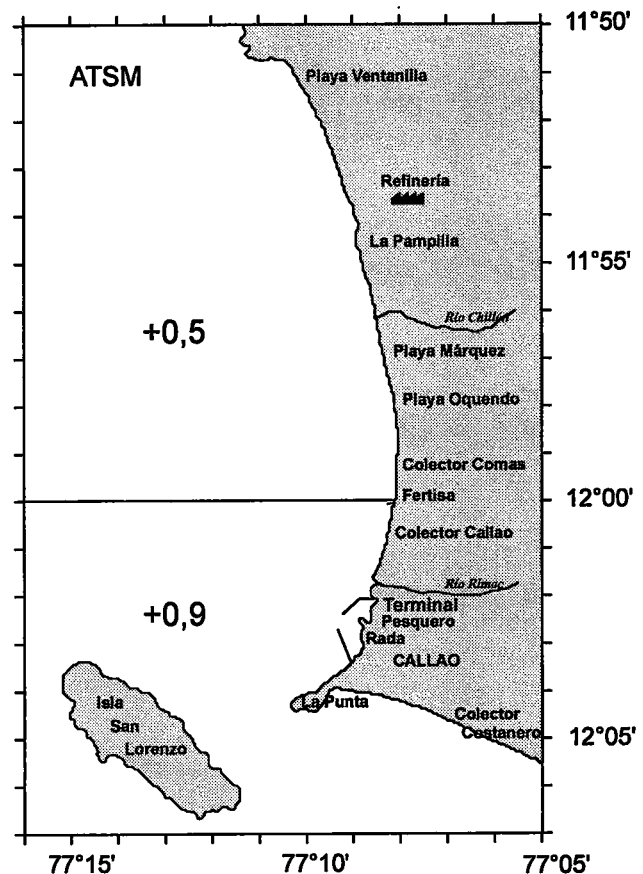


FIGURA 2. Anomalías térmicas en superficie. Bahía de Callao, 23 - 25 de agosto de 2000.

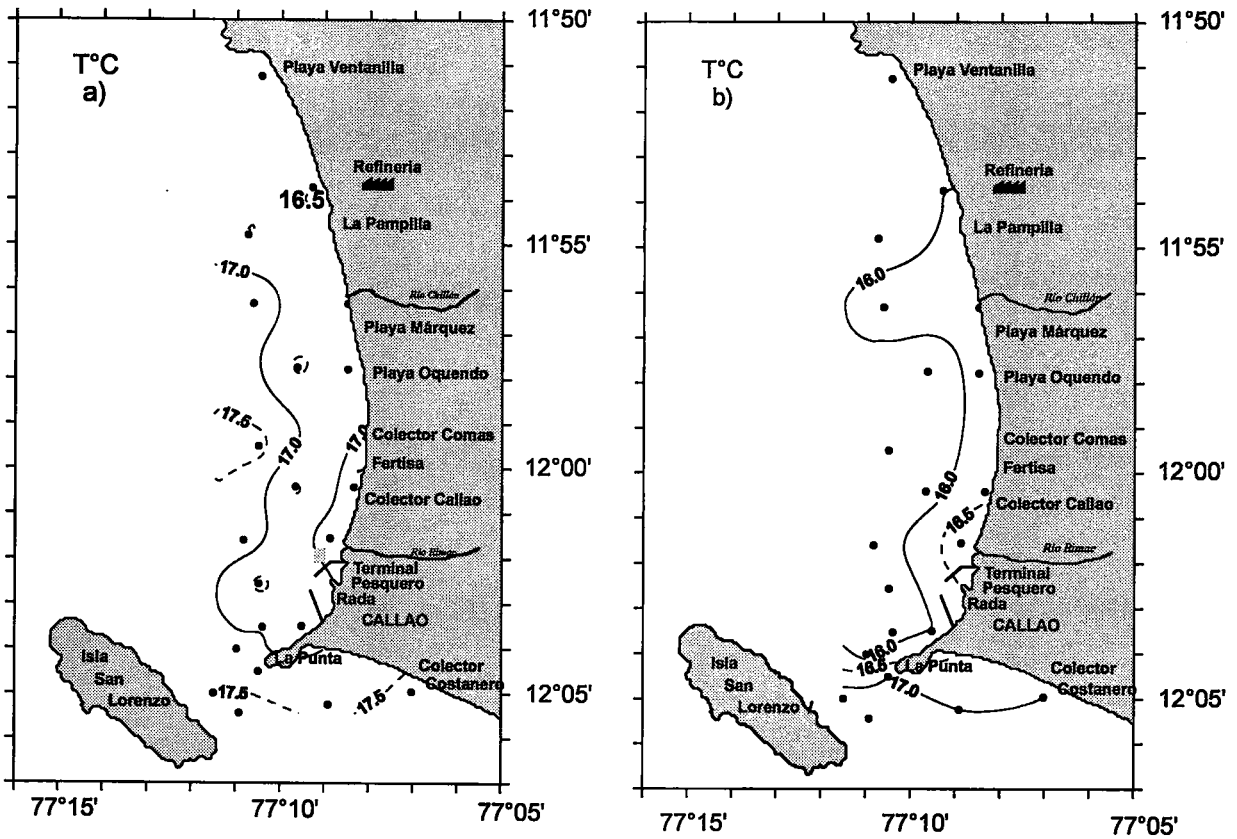


FIGURA 3. Distribución de temperatura en : a) Superficie, b) Fondo. Bahía de Callao, 23 - 25 de agosto 2000.

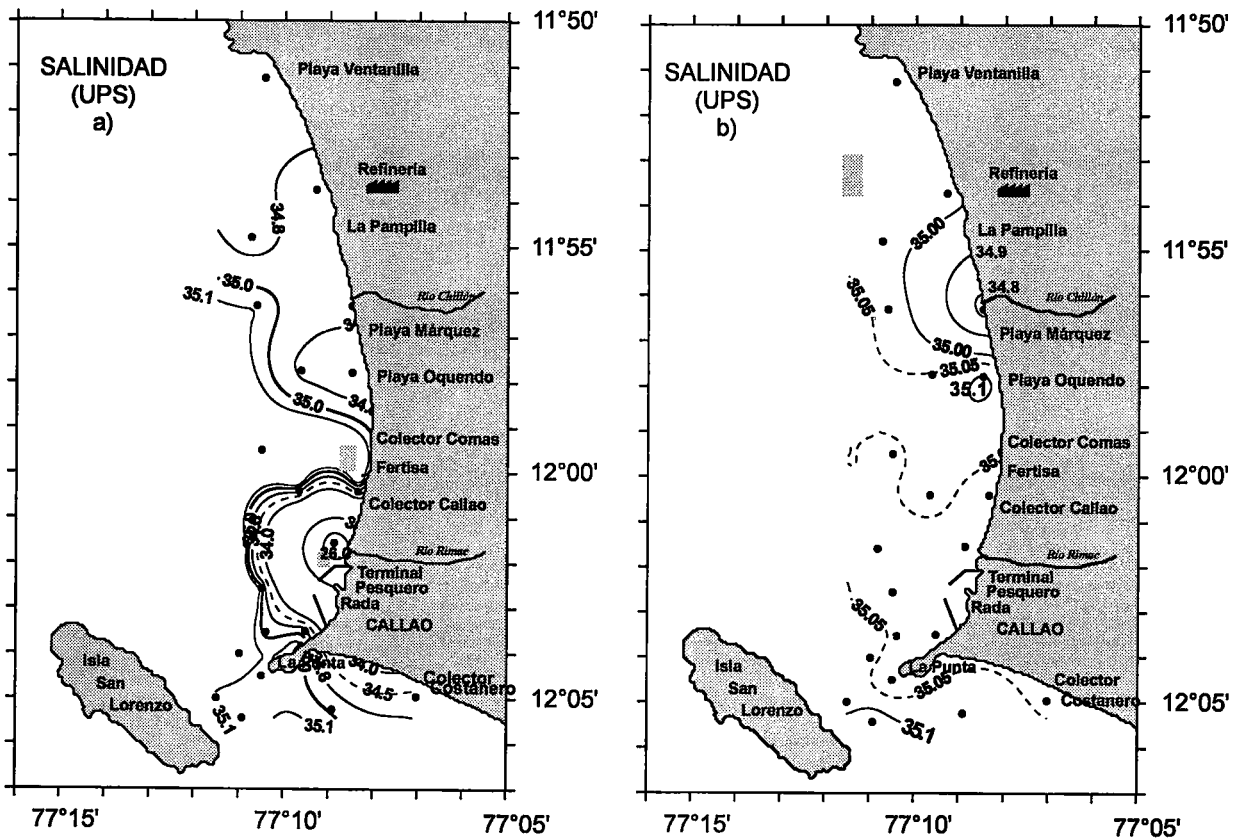


FIGURA 4. Distribución de salinidad en : a) Superficie, b) Fondo. Bahía de Callao, 23 - 25 de agosto 2000.

superficie debido a la casi nula influencia del agua dulce de los ríos y colectores. La distribución fue homogénea con valores próximos a 35,05 ups, excepto en la zona de la desembocadura del río Chillón donde se presentaron los menores valores (34,8 ups) y en la zona cerca de la isla San Lorenzo donde se detectaron valores mayores a 31,1 ups.

Circulación marina

Las intensidades variaron de 5,5 a 32,9 cm/s y de 1,0 a 22,0 cm/s en superficie y fondo respectivamente.

A 1,0 m de la superficie, los flujos dentro de la bahía del Callao principalmente siguen el perfil costero (dirección norte noreste) mientras que los flujos provenientes del sur presentan una dirección dominante hacia el noroeste. El flujo más intenso (32,9 cm/s) se localizó frente a la Pampilla y el más débil (5,5 cm/s) frente a la rada del Callao (Fig. 5a).

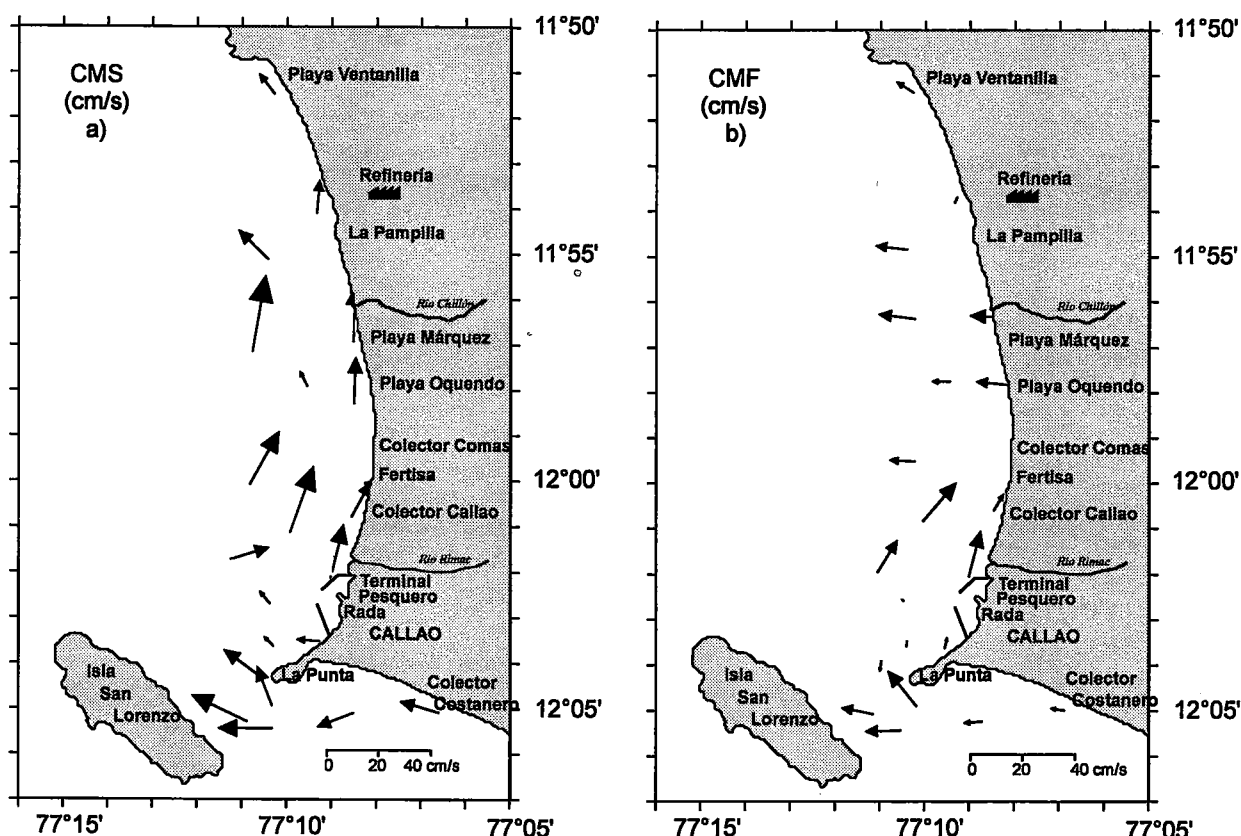


FIGURA 5. Distribución de corrientes marinas en : a) Superficie, b) Fondo. Bahía de Callao, 23 - 25 de agosto de 2000.

La circulación a 1,0 m del fondo presentó menores intensidades pero una mayor variabilidad en sus direcciones; es así que al norte de playa Oquendo se observó que los flujos se alejan de la costa. Entre la playa Oquendo y la rada los flujos siguen la línea de costa, entre la rada y La Punta se presentaron los flujos más débiles debido posiblemente a la interacción de los flujos provenientes de la bahía de Miraflores y con los de la bahía del Callao. En este nivel, al igual que en la superficie, se nota el ingreso de aguas del sur hacia la bahía del Callao (Fig. 5b).

3.2 Parámetros físicos y químicos de calidad acuática

Los resultados analíticos se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Parámetros físicos y químicos de calidad acuática. Área costera Callao-Ventanilla. 23 - 25 de agosto del 2000.

Estación	Latitud	Longitud	Transp. (m)	Fondo (m)	Prof. Muestreo (m)	Temp. (°C)	pH	Oxígeno (mL/L)	Sulfuros ($\mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$)	SST* (mg/L)	Grasa (mg/L)	
1A	12°05'00,0"	77°11'30,0"	2,5		0,0	17,5	8,03	4,90	0,64	17,26	---	
2A	12°05'26,4" 9,0	77°10'55,4"	6,0	10,0	0,0	17,3	8,01	4,96	0,70	10,78	3,06	
						17,9	8,03	5,14	0,70	20,09		
4	12°04'30,8"	77°10'29,9"	1,5	3,0	0,0	17,5	8,09	5,17	0,62	19,48	---	
						17,1	7,96	4,34	0,70	25,44		
6A	12°04'01,2"	77°10'59,2"	2,0	10,0	0,0	17,0	7,96	4,35	0,59	30,98	---	
						17,1	7,94	4,02	0,57	22,52		
7	12°03'30,6"	77°09'31,5"	7,0	9,0	0,0	15,8	7,83	0,98	0,49	19,74	---	
						16,7	7,89	2,69	0,54	0,96		
8	12°00'25,3"	77°08'20,9"	0,5	4,0	0,0	8,0	7,87	1,97	0,68	56,59	0,40	
						17,2	7,75	3,63	0,70	89,86		
9	12°00'25,0"	77°09'40,2"	8,0	9,0	0,0	16,4	7,81	2,41	0,61	85,78	9,00	
						16,4	7,89	2,97	0,59	7,54		
10	12°01'37,5"	77°10'50,7"	8,0	21,0	0,0	15,7	7,79	1,00	0,57	30,05	---	
						17,3	8,00	4,34	0,55	30,29		
12	12°01'33,1"	77°08'53,0"	0,3	3,0	0,0	20,0	15,9	7,79	0,75	32,69	9,80	
						17,2	7,62	2,37	0,89	35,07		
15	12°02'34,0"	77°10'29,7"	7,0	16,0	0,0	16,9	7,88	3,35	0,59	10,45	0,60	
						16,4	7,87	3,31	0,55	3,26		
16	11°51'16,0"	77°10'28,6"	3,0	12,0	0,0	15,7	7,80	1,06	0,51	9,50	7,03	
						16,8	7,89	5,52	0,60	5,29		
17	11°53'44,8"	77°09'18,5"	4,0	9,0	0,0	11,0	15,6	7,66	0,81	8,44	0,20	
						16,5	7,84	4,19	0,57	52,04		
18	11°54'48,2"	77°10'45,2"	6,0	19,0	0,0	8,0	16,0	7,82	2,04	81,86	---	
						16,5	7,82	2,85	0,53	0,94		
21	11°56'19,5"	77°08'30,0"	3,0	6,0	0,0	18,0	15,8	7,78	1,33	4,69	0,30	
						16,5	7,86	4,48	0,61	59,24		
22	11°57'47,5"	77°08'29,5"	4,0	9,0	0,0	5,0	16,1	7,86	3,42	79,55	0,40	
						16,9	7,81	2,74	0,67	35,68		
23	11°57'45,0"	77°09'38,3"	7,0	12,0	0,0	8,0	16,1	7,86	1,85	14,16	0,20	
						16,4	7,78	2,74	0,52	0,91		
24	11°56'19,1"	77°10'38,5"	10,0	18,0	0,0	11,0	15,8	7,69	1,32	16,00	0,20	
						17,4	8,00	4,89	0,56	64,19		
D	11°59'30,4"	77°10'30,3"	10,0	20,0	0,0	17,0	16,2	7,90	2,92	81,48	---	
						17,7	8,05	4,56	0,50	0,90		
Superficie	Promedio	Mín.	Máx.			17,0			3,87	0,61	26,19	2,84
						16,4	7,62	2,37	0,50	0,90	0,20	
						17,9	8,05	5,52	0,89	89,86	9,80	
Fondo	Promedio	Mín.	Máx.			16,2	2,25	0,57	33,26	---	---	
						2,0	15,6	7,66	0,75	0,49	4,69	---
						20,0	17,5	8,09	5,17	0,70	85,78	---

*SST : Sólidos Suspendidos Totales

Oxígeno disuelto

En superficie, las concentraciones de oxígeno disuelto variaron de 2,37 (estación 12) a 5,52 mL/L (estación 16). El promedio general en el área evaluada fue de 3,87 mL/L. El 100% de los valores registrados cumplió con los requisitos de calidad (>2,1 mL/L) Clase IV (1970), de la Ley General de Aguas (LGA) en contraste a lo registrado en agosto de 1999 donde sólo el 73% de los valores superaron los 2,1 mL/L (CABELLO *et al.* 1999).

En la figura 6a se observan tres tendencias crecientes en la zona central, norte y sur; la distribución de isolíneas se incrementa en dirección oeste. Una isolínea de 4,0 mL/L predominó en la zona central del área evaluada aproximadamente a 2 mn de la línea costera. La zona sur presentó concentraciones de 4,5 mL/L asociadas a una temperatura elevada, así como a la mayor intensidad de flujos de circulación registrados en la zona.

A 1,0 m del fondo marino (Fig. 6b) las concentraciones variaron de 0,75 (estación 10) a 5,17 mL/L (estación 2A); el promedio del área evaluada fue 2,25 mL/L.

Valores hipóxicos (<1,0 mL/L) representan el 22% y menores de 2,1 mL/L el 61%. Estos valores se encuentran asociados a profundidades entre 2 y 20 m. Los valores en el fondo mostraron un incremento en comparación a evaluaciones de agosto 1999 (0,05 - 2,00 mL/L) y de agosto 1996 (0,0 - 4,80 mL/L).

La distribución en la zona sur fue similar a la de superficie (3,0 a 5,0 mL/L).

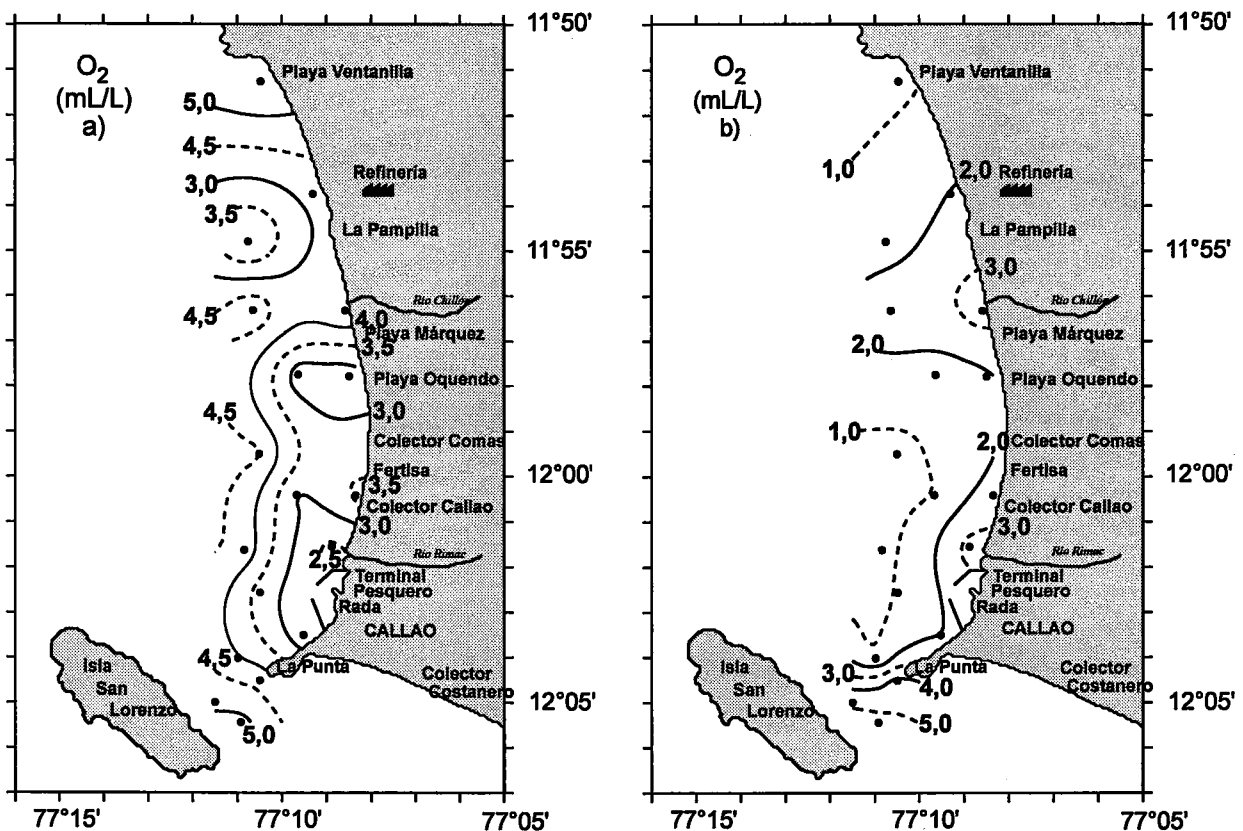


FIGURA 6. Distribución de oxígeno disuelto en : a) Superficie, b) Fondo. Bahía de Callao, 23 - 25 de agosto de 2000.

Sulfuro de hidrógeno

En superficie (Fig. 7a) los valores variaron de 0,50 (estación D) a 0,89 $\mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$ (estación 12) con un promedio de 0,61 $\mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$. La máxima concentración estuvo asociada a los menores valores registrados de oxígeno disuelto, pH y al mayor contenido de grasas y aceites. Se observa en la zona sur y central la predominancia de la isolínea de 0,6 $\mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$ y una distribución creciente a medida que se acerca a la costa especialmente cerca de la boca del río Rímac.

En fondo (Fig. 7b), variaron de 0,49 (estaciones 6A y 23) a 0,70 $\mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$ (estación 1A) con un promedio general de 0,57 $\mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$. En general, los resultados se mantuvieron dentro del rango detectado en áreas con carga orgánica no significativa ($< 1,0 \mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$). Estos valores de fondo experimentaron una fuerte disminución en relación con el mes de agosto de 1996 (GUZMÁN *et al.* 1996) donde varió de 0,58 a 9,70 $\mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$ y una disminución ligera con respecto al registrado en agosto de 1999 (0,34 a 0,96 $\mu\text{g-at H}_2\text{S-S/L}$). La distribución espacial en el fondo mostró características similares al de superficie.

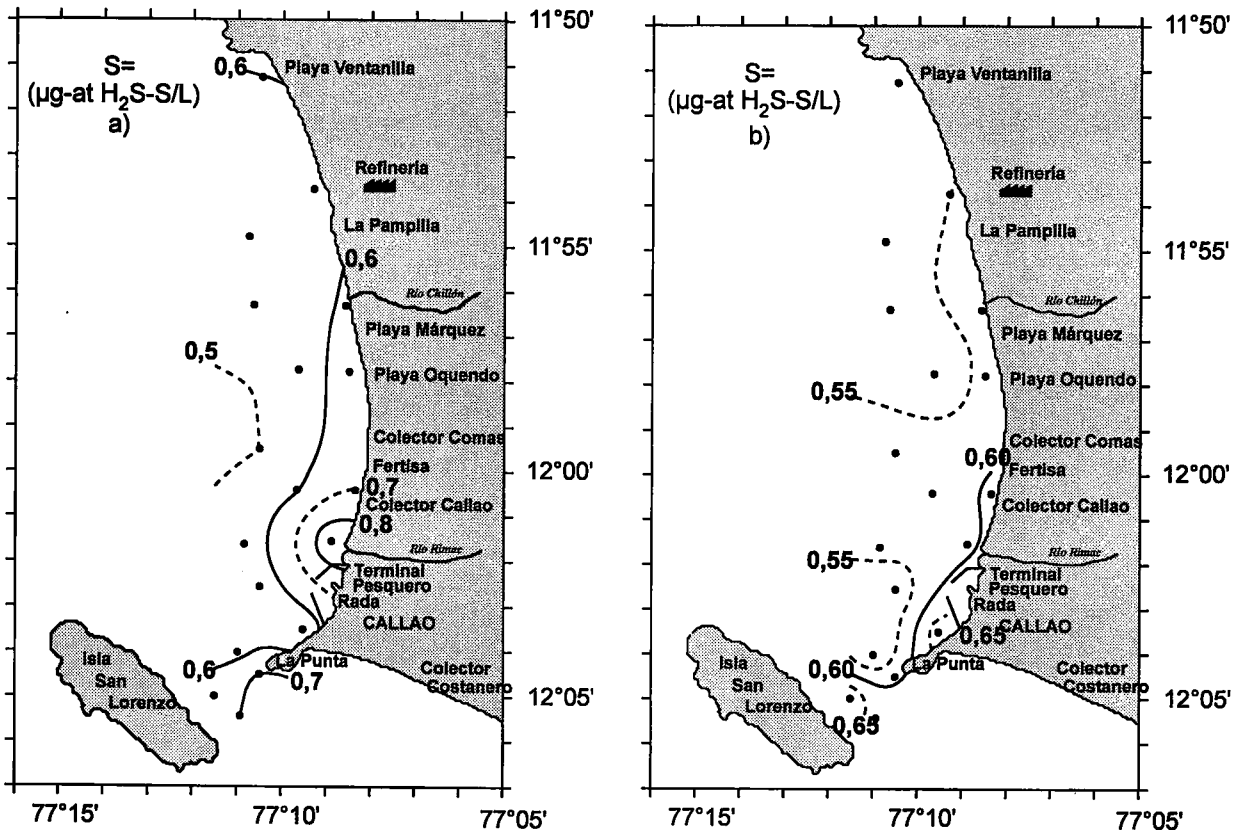


FIGURA 7. Distribución de sulfuros en : a) Superficie, b) Fondo. Bahía de Callao, 23 - 25 de agosto de 2000.

pH

El pH en superficie (Fig. 8a) varió de 7,62 (estación 12) a 8,05 (estación D). El valor más bajo se registró en la zona costera asociado a una turbidez del agua y al bajo tenor de oxígeno.

Se observa una tendencia creciente de las isolíneas en dirección oeste, similar a lo observado en oxígeno, aproximadamente a 2,5 mn de la costa se registró una isolínea de 8,0 que viene desde la isla San Lorenzo hasta frente a los ríos Chillón y Rímac. Los valores registrados fueron superiores al de agosto 1999 (CABELLO *et al.* 1999) donde varió de 7,02 a 7,91 y agosto 1996 (7,39 - 8,02) pero no superaron los valores de las clases IV y V de la Ley General de Aguas.

En el fondo (Fig. 8b) los valores variaron entre 7,66 (estación 16) a 8,09 (estación 2A). Los valores registrados son superiores a los hallados en agosto 1996 (GUZMÁN *et al.* 1996) donde

varió de 7,55 a 7,85 y agosto 1999 (7,49 a 7,84). La distribución de isolíneas muestra dos núcleos en la zona central de 7,8. Los valores hallados cumplieron con los requerimientos de la Ley General de Aguas (6,0 a 8,5) para las Clases IV y V.

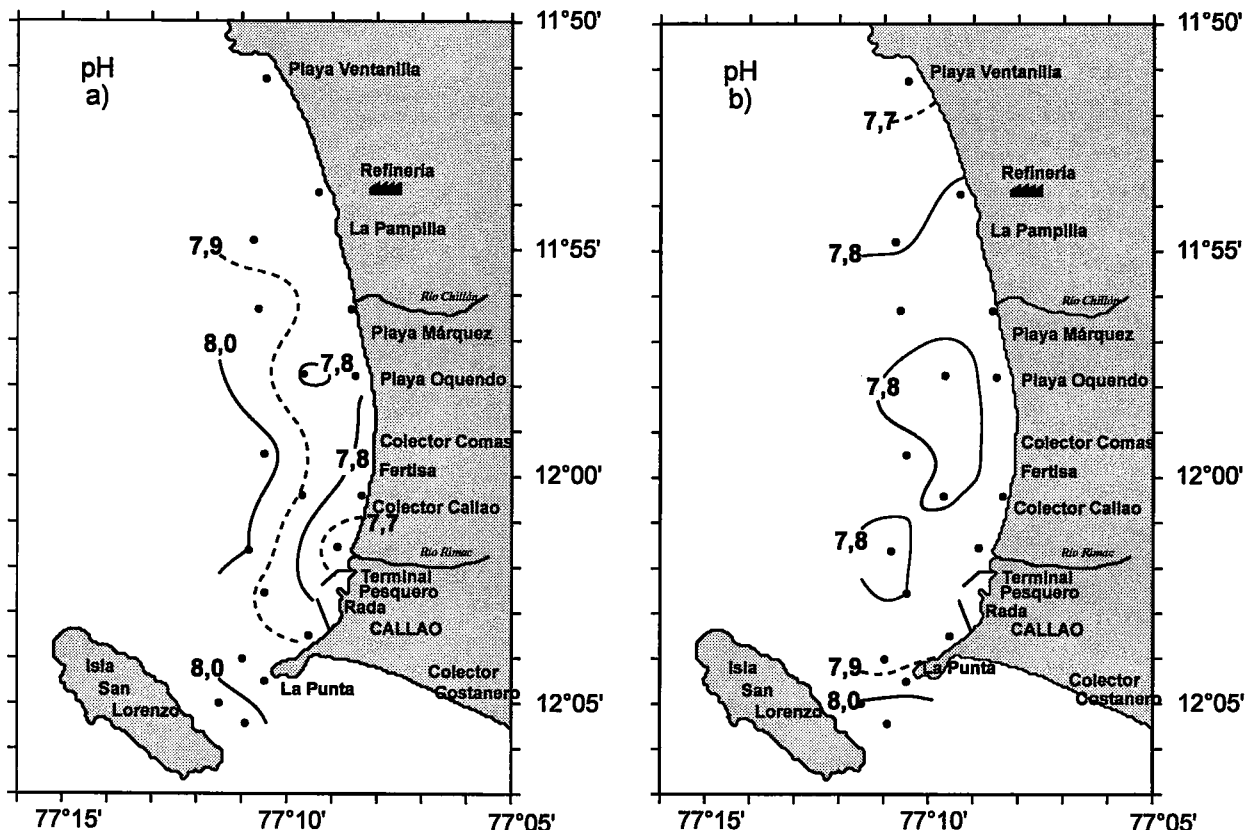


FIGURA 8. Distribución de pH: a) Superficie, b) Fondo. Bahía de Callao, 23 - 25 de agosto de 2000.

Sólidos suspendidos totales (SST)

Las concentraciones de sólidos suspendidos totales en superficie variaron entre 0,90 mg/L (estación D) y 89,86 mg/L (estación 8, al norte de emisor Callao). El promedio general en el área evaluada fue 26,19 mg/L.

La distribución espacial (Fig. 9a) muestra concentraciones crecientes a medida que se acercan a los colectores en la zona costera. La isolínea de 20 mg/L dominó en toda el área evaluada. Los valores registrados son inferiores al de agosto 1999 (CABELLO *et al.* 1999) donde varió de 11,88 a 108,56 mg/L pero superiores al de agosto 1996 (GUZMÁN *et al.* 1996) donde varió de 8,40 a 35,60 mg/L.

En el fondo (Fig. 9b) las concentraciones variaron entre 4,69 mg/L (estación 18) y 85,78 mg/L (estación 8), con un promedio general de 33,26 mg/L. Las elevadas concentraciones registradas en ambos niveles de la estación 8, la poca profundidad (4 m) y transparencia (0,5 m) observada en la columna de agua indican un fuerte impacto por la materia en suspensión proveniente de las descargas del emisor Callao.

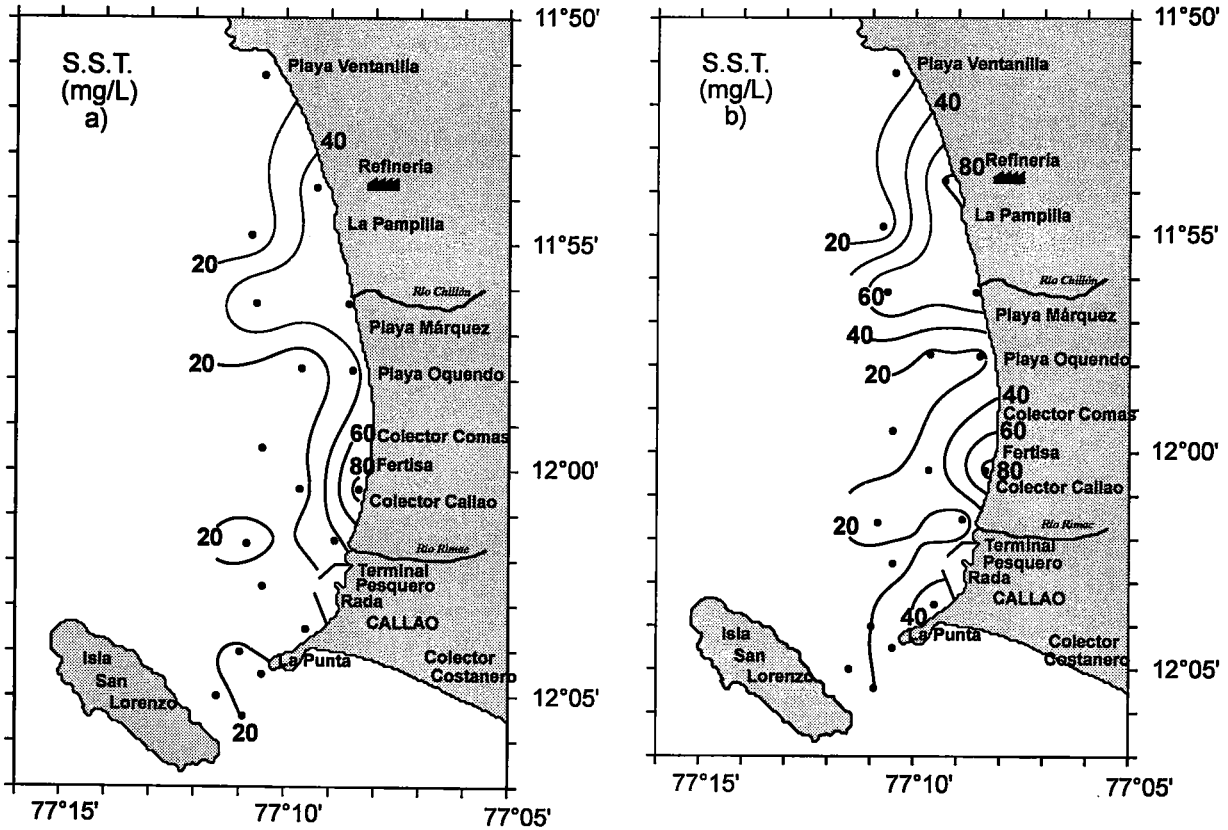


FIGURA 9. Distribución de sólidos suspendidos totales en : a) Superficie, b) Fondo. Bahía de Callao, 23 - 25 de agosto de 2000

Con excepción de la estación 8, en el resto de la bahía los valores se ajustaron a los requisitos estipulados en la Ley General de Aguas (<100 mg/L para el cuerpo receptor).

Aceites y grasas

En superficie (Fig. 10), las concentraciones variaron de 0,20 mg/L (estaciones 17 y 23) a 9,80 mg/L (estación 12) con un promedio de 2,84 mg/L. La máxima concentración se registró frente a la boca del río Rímac.

Los valores registrados son superiores a los de agosto 1996 (0,02 a 3,16 mg/L) y agosto 1999 (CABELLO *et al.* 1999) donde varió de 0,11 a 1,08 mg/L.

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

Los resultados se presentan en la tabla 3.

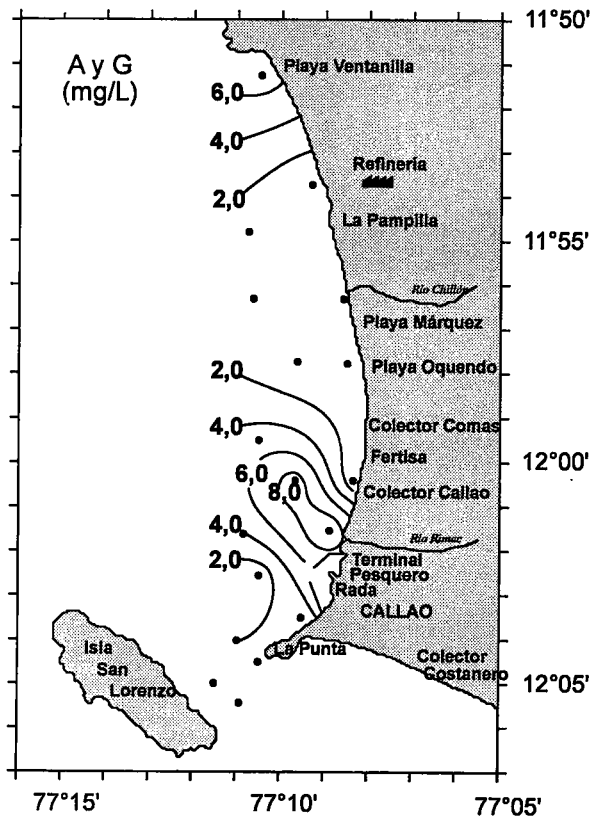


FIGURA 10. Distribución de aceites y grasas en superficie. Bahía de Callao, 23 - 25 de agosto de 2000.

Los valores de *coliformes totales* fluctuaron desde 30 NMP/100 mL hasta valores mayores de $2,3 \times 10^3$ NMP/100 mL. Estos últimos se hallaron en las estaciones ubicadas en las cercanías de las desembocaduras de los ríos Chillón y Rímac y frente a la zona de emisión de efluentes domésticos descargados por el colector Comas y el emisor Callao (Fig. 11a).

Por mar, se presentaron valores muy elevados de coliformes termotolerantes (mayores de $2,3 \times 10^3$ NMP/100 mL) principalmente en las estaciones 22 ($9,3 \times 10^3$ NMP/100 mL) y 23 ($>2,3 \times 10^3$ NMP/100 mL), ambas ubicadas frente a Playa Márquez. Así mismo en la desembocadura del río Chillón (estación 21 con un valor mayor de $2,3 \times 10^3$ NMP/100 mL) y en las estaciones 17 y 18 ubicadas al norte de la desembocadura del río Chillón con valores mayores de $2,3 \times 10^3$ NMP/100 mL cada una; se encontraron también concentraciones elevadas de estos indicadores de contaminación microbiológica frente a la desembocadura del río Rímac (estación 12) con un valor de $9,3 \times 10^3$ NMP/100 mL y en la estación 8 ubicada frente a la zona de los colectores con un valor de $4,3 \times 10^4$ NMP/100 mL.

Las estaciones 4 y 6 ubicadas frente a La Punta también presentaron valores elevados con concentraciones de $4,6 \times 10^3$ y $9,3 \times 10^2$ NMP/100 mL respectivamente (Fig. 11b). En todos estos lugares, los valores sobrepasaron los límites permitidos según la Ley General de Aguas (LGA) vigentes para el país.

Los valores de *estreptococos fecales* fluctuaron entre 30 y valores mayores de $1,5 \times 10^3$ NMP/100mL, estos mayores valores (desde la Punta hasta Ventanilla) se presentaron en las

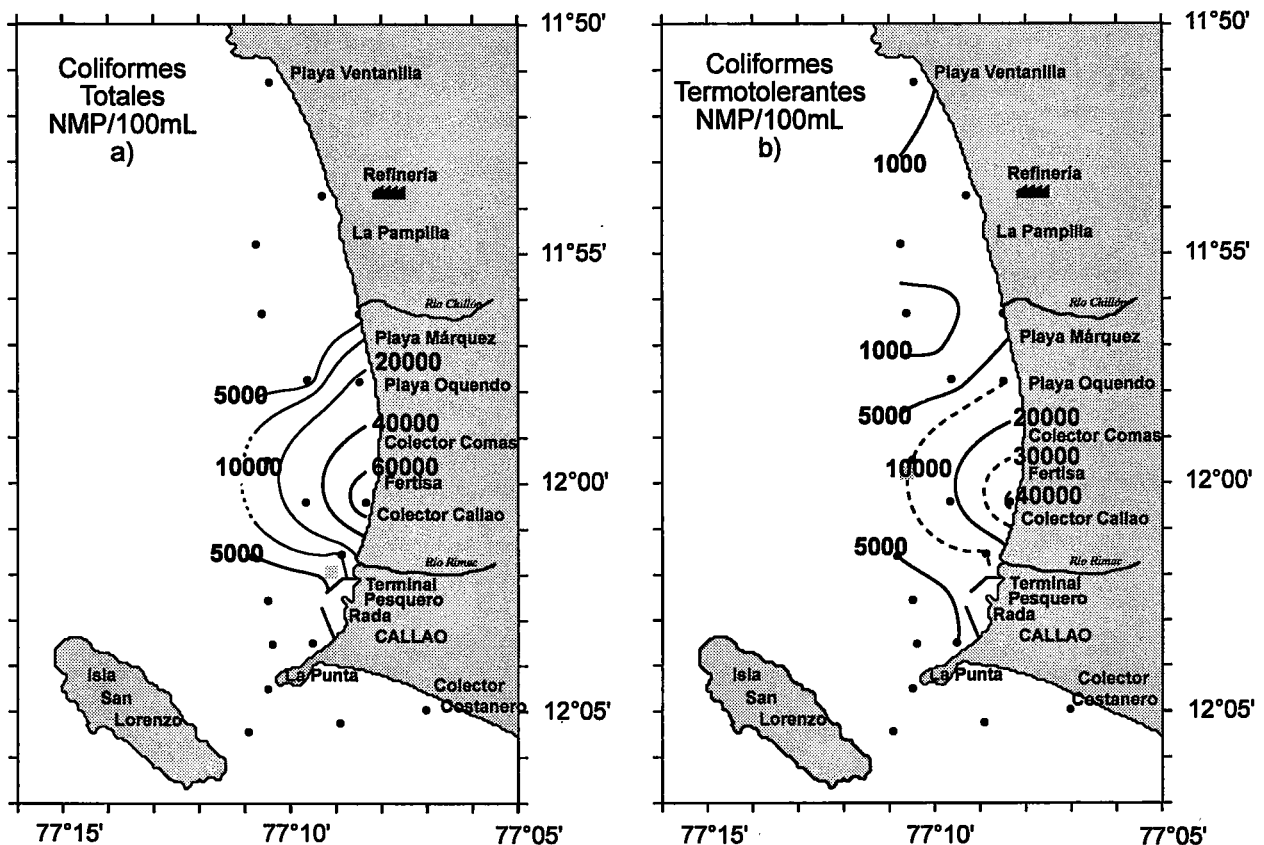


FIGURA 11 . Distribución microbiológica en el agua de mar superficial. Bahía de Callao, 23 - 25 de agosto de 2000.

Tabla 3. Resultados de los análisis microbiológicos y DBO₅ por mar. Área costera Callao 23 - 25 de agosto del 2000

Estación	Posiciones			Temperatura °C	DBO ₅ (mg/L)	C. Totales NMP/100mL	C. Termo tolerantes NMP/100mL	Estreptococos fecales NMP/100mL	BAM* ufc/100mL
	Latitud	Longitud							
1	12° 04' 57,9"	77° 07' 01,9"	17,6	3,85					
3	12° 05' 15,0"	77° 08' 55,0"	17,0	0,69					
4	12° 04' 30,8"	77° 10' 29,9"	17,1	1,32	4,6x10 ³	4,6x10 ³	1,5x10 ³	7,0x10 ²	
2A	12° 05' 26,4"	77° 10' 55,0"	17,9	1,77					
6	12° 03' 32,1"	77° 10' 24,2"	17,0	1,27	1,5x10 ³	9,3x10 ²	7,5x10 ²	1,2x10 ³	
7	12° 03' 30,6"	77° 09' 31,5"	16,7	0,09	4,3x10	<30	<30	6,4x10 ³	
8	12° 00' 25,3"	77° 08' 20,9"	17,2	6,50	7,5x10 ⁴	4,3x10 ⁴	9,3x10 ⁴	3,4x10 ⁴	
9	12° 00' 25,0"	77° 09' 40,2"	16,4	0,72	<30	<30	<30	7,2x10 ²	
10	12° 01' 37,5"	77° 10' 50,7"	17,3	0,68	<30	<30	4,3x10 ²	2,1x10 ²	
12	12° 01' 33,1"	77° 08' 53,0"	17,2	4,63	9,3x10 ³	9,3x10 ³	2,3x10 ⁴	1,0x10 ⁴	
D	11° 59' 30,4"	77° 10' 30,3"	17,7	0,61	<30	<30	1,5x10 ²	1,3x10 ²	
15	12° 02' 34,0"	77° 10' 29,7"	16,4	1,80	4,3x10	<30	4,3x10 ²	5,4x10 ³	
16	11° 51' 16,0"	77° 10' 28,6"	16,8	1,34	4,3x10 ²	4,3x10 ²	2,3x10 ²	6,6x10 ³	
17	11° 53' 44,8"	77° 09' 18,5"	16,5	2,59	>2,3x10 ³	>2,3x10 ³	>2,3x10 ³	2,2x10 ⁴	
18	11° 54' 48,2"	77° 10' 45,2"	16,5	1,92	>2,3x10 ³	>2,3x10 ³	>2,3x10 ³	1,9x10 ⁴	
21	11° 56' 19,5"	77° 08' 30,0"	16,5	1,32	>2,3x10 ³	>2,3x10 ³	>2,3x10 ³	2,2x10 ⁴	
22	11° 57' 47,5"	77° 08' 29,5"	16,9	3,29	2,3x10 ⁴	9,3x10 ³	2,3x10 ⁴	2,7x10 ³	
23	11° 57' 45,0"	77° 09' 38,3"	16,4	1,55	>2,3x10 ³	>2,3x10 ³	>2,3x10 ³	1,2x10 ⁴	
24	11° 56' 19,1"	77° 10' 38,5"	17,4	0,52	>2,3x10 ³	4,3x10 ²	4,3x10 ²	3,0x10	

* Bacterias Aeróbicas Mesófilas
ufc: Unidades formadoras de colonia

estaciones 17 y 18 ubicadas al norte de la desembocadura del río Chillón; en la estación 21 ubicada frente a la desembocadura del río Chillón y en las estaciones 22 y 23 ubicadas frente a las zonas de playa Márquez (Fig.12a). Las estaciones 12 en la desembocadura del río Rímac, la estación 8 frente a la zona de los colectores domésticos y la estación 4 ubicada frente a La Punta, también presentaron valores mayores de $1,5 \times 10^3$ NMP/100 mL.

En cuanto a la cuantificación de *bacterias aerobias mesófilas*, los valores obtenidos estuvieron comprendidos entre 30 y $3,4 \times 10^4$ ufc/mL (Fig. 12b).

Los valores de *demanda bioquímica de oxígeno* para las estaciones de mar, estuvieron comprendidos entre 0,52 y 4,63 mg/L (Tabla 3 y Fig. 13a y b). Estos valores no sobrepasaron los límites permisibles fijados por la LGA.

3.4 Características del fitoplancton

Los resultados se presentan en la tabla 4.

Los volúmenes de plancton en superficie registraron un rango desde 0,19 mL/m³ (Est. 16) y 1,11 mL/m³ (Est. 2A), obteniéndose un volumen promedio general de 0,40 mL/m³; con el 76% de volúmenes menores a 0,5 mL/m³, asociados a temperaturas superficiales del mar (TSM) que fluctuaron entre 16,5 y 17,9 °C (Tabla 4).

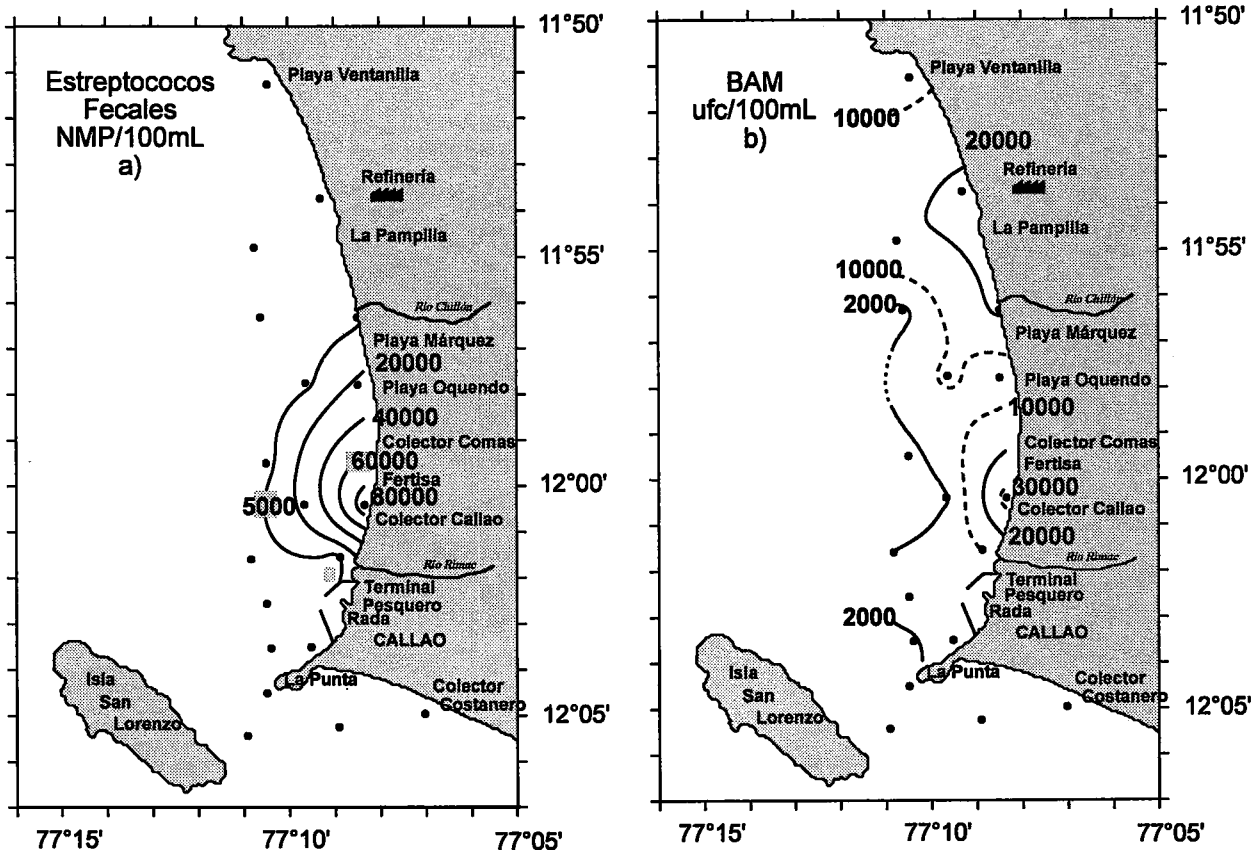


FIGURA 12. Distribución microbiológica en el agua de mar superficial. Bahía de Callao, 23 - 25 de agosto de 2000.

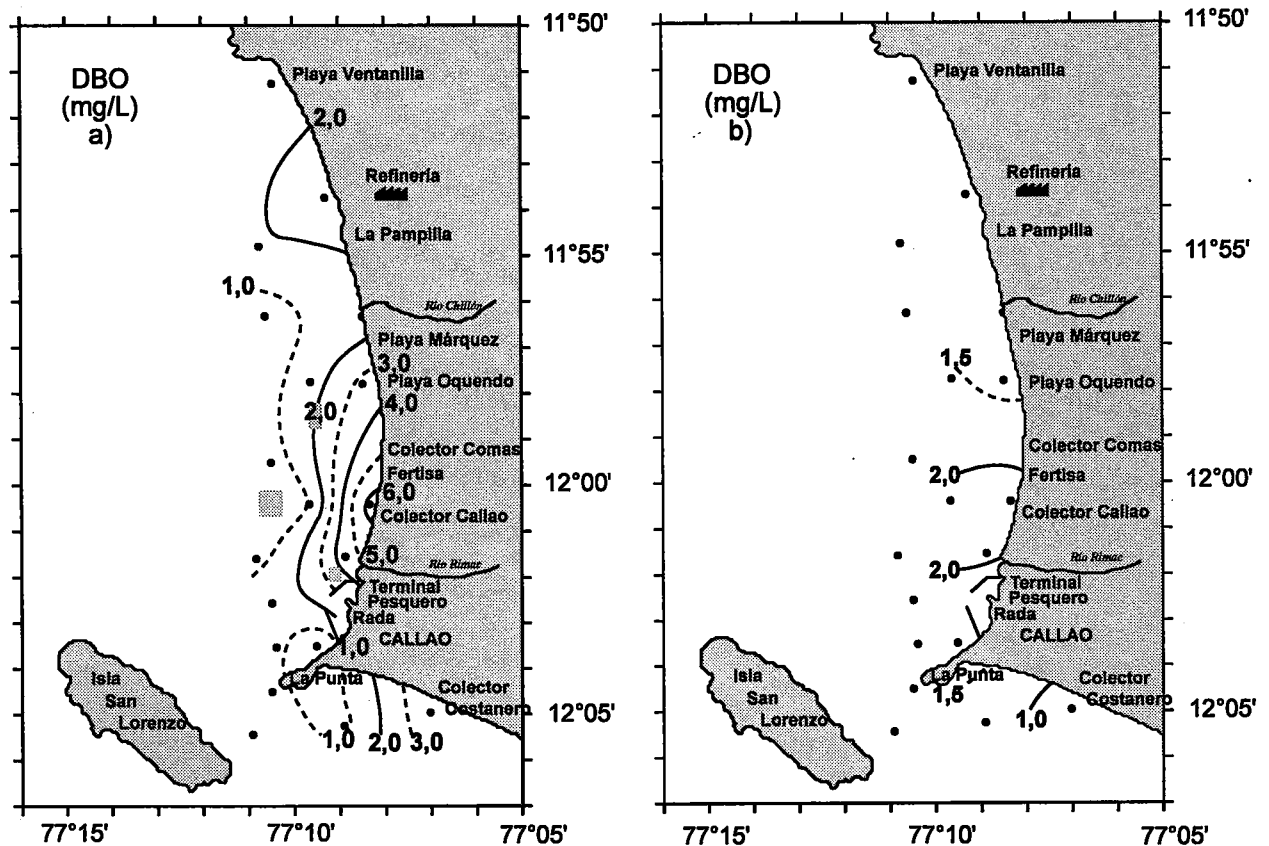


FIGURA 13. Distribución de la demanda bioquímica de oxígeno en: a) Superficie, b) Fondo. Bahía de Callao, 23 - 25 de agosto de 2000.

Tabla 4. Análisis semicuantitativo de fitoplancton en superficie. Área costera Callao
23 - 25 de agosto del 2000

Estación	1	1A	2A	3	6A	7	8	10	12	16	17	18	21	22	24	D
TSM (°C)	17,6	17,5	17,9	17,4	17,1	17,0	16,7	17,2	17,3	17,2	16,8	16,5	16,5	16,5	16,9	17,7
Volúmenes (mL/m ³)	0,6	0,47	1,11	0,78	0,27	0,33	0,24	0,44	0,21	0,19	0,22	0,30	0,28	0,22	0,45	0,27
DIATOMEAS																
<i>Corethron hystrix</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Coscinodiscus granii</i>	1	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	3	2	1	3	2	2	1	1	1	1	0	2	2	0	1	1
<i>Coscinodiscus wailiesii</i>	0	2	0	2	1	1	1	0	0	1	1	1	2	2	0	0
<i>Coscinodiscus sp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros affinis</i>	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros compressus</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Chaetoceros concavicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chaetoceros constrictus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	2	1	0	0
<i>Chaetoceros debilis</i>	3	2	1	3	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Chaetoceros didymus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros lauderi</i>	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Detonula confervacea</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
<i>Ditylum brightwellii</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>Fragilariopsis doliolus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Guinardia delicatula</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Guinardia flaccida</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Licmophora abbreviata</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Lioloma dedicatulum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Lithodesmium undulatum</i>	2	2	1	1	2	2	2	1	1	3	3	2	0	3	1	1
<i>Navicula sp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planktoniella sol</i>	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	0	1	0	1	1
<i>Pleurosigma sp.</i>	1	2	0	0	1	4	2	0	1	1	0	2	2	2	0	1
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1
<i>Proboscia alata f. indica</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia acuminata</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia bergonii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Rhizosolenia chunii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	1	1	1	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Rhizosolenia pungens</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
<i>Thalassiosira angulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
<i>Thalassiosira subtilis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1

Tabla 4. (Continuación)

Estación	1	1A	2A	3	6A	7	8	10	12	16	17	18	21	22	24	D
TSM (°C)	17,6	17,5	17,9	17,4	17,1	17,0	16,7	17,2	17,3	17,2	16,8	16,5	16,5	16,5	16,9	17,7
Volúmenes (mL/m ³)	0,6	0,47	1,11	0,78	0,27	0,33	0,24	0,44	0,21	0,19	0,22	0,30	0,28	0,22	0,45	0,27
<i>Thalassiosira rotula</i>	1	0	1	2	2	1	3	1	1	4	3	3	4	4	0	1
<i>Thalassiosira sp.</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	3	2	0	2	1	4	4	1	1	3	3	3	3	4	1	1
DINOFLAGELADOS																
<i>Ceratium azoricum</i>	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
<i>Ceratium buceros</i>	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0
<i>Ceratium dens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium furca</i>	0	1	0	1	0	1	0	0	1	2	1	0	1	0	1	1
<i>Ceratium massiliense</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Ceratium tripos</i>	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis caudata</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium conicum</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
<i>Protoperdinium crassipes</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium depressum</i>	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
<i>Protoperdinium divergens</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
<i>Protoperdinium granii</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium leonis</i>	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0
<i>Protoperdinium oblongum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium obtusum (ACF)</i>	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
<i>Protoperdinium oceanicum</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Protoperdinium pellucidum</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium pentagonum</i>	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Protoperdinium mendiolae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
<i>Protoperdinium murrayi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Scripsiella trochoidea</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SILICOFLAGELADOS																
<i>Octactis octonaria</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Dictyocha fibula</i>	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
<i>Dictyocha speculum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Promedio general de volumen de plancton: 0,40 mL/m³

LEYENDA

Ausente : 0 ACF: Aguas Costeras Frías
 Presente : 1
 Escaso : 2
 Abundante : 3
 Muy abundante : 4

El plancton en la zona de estudio estuvo representado por el predominio del fitoplancton en el 31%, con un solo núcleo de mayor concentración (1,0 mL/m³) al sur del Callao (Fig. 14); la predominancia del zooplancton alcanzó el 44%; y en el 25% restante ambos grupos compartieron dominancia.

La comunidad de fitoplancton estuvo representada por diatomeas centrales como *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira rotula* y *Lithodesmium undulatum*, por su mayor frecuencia y abundancia, en tanto que *Coscinodiscus perforatus*, *Planktoniella sol* y *Lauderia annulata*, entre otras, fueron determinadas como poco abundantes. La diatomea pennata *Pleurosigma* sp. presentó una distribución homogénea en toda el área en estudio.

Los dinoflagelados presentaron una menor riqueza de especies, con organismos de distribución cosmopolita como *Ceratium furca*, *C. tripos*, *Dinophysis caudata*, *Protoperdinium conicum* y *P. depressum*; asociados a especies termófilas que se presentaron en forma esporádica como *Ceratium azoricum*, *C. massiliense* y *C. buceros*. Del grupo de los silicoflagelados, *Dictyocha fibula* fue la especie que se distribuyó ampliamente en la zona de muestreo.

Para el invierno de 1999 el volumen promedio general fue de 1,79 mL/m³, determinado por CHANG *et al.* (1999), valor inferior se obtuvo para el invierno 2000; este decremento podría estar relacionado a un intenso pastoreo reflejándose en la disminución de los mismos. En cuanto a la temperatura superficial del mar se observó un ligero incremento con respecto al invierno de 1999 (CHANG *et al.* 1999), situación que se presentó cuando se determinaron algunos organismos termófilos.

Con respecto a la predominancia de la flora planctónica se apreció que durante el invierno 1999 alcanzó un 75%, siendo menor para la presente evaluación (33%). Coincidentemente se observó que ambas evaluaciones no mostraron cambios significativos en la composición, predominando diatomeas de fases avanzadas de la sucesión, las mismas que estuvieron asociadas a dinoflagelados de distribución cosmopolita.

Tanto para el invierno de 1999 (CHANG *et al.* 1999) y del 2000, el dinoflagelado *Protoperdinium obtusum*, indicador de ACF presentó una amplia distribución, lo que indicaría condiciones típicas durante esos dos períodos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA EVALUACIÓN EN ZONA PLAYAS

Los parámetros determinados tanto para calidad acuática y en los efluentes fueron los siguientes: temperatura, oxígeno, sulfuros, pH, sólidos suspendidos totales, microbiología, aceites y grasa. Los resultados analíticos de dichos parámetros y las observaciones detalladas se presentan en las tablas 5 y 6. Con respecto a esto último es necesario destacar un factor común y siempre presente observado en las evaluaciones y que es la presencia de basura, cuya mala disposición afecta no sólo la estética de las playas, sino también altera la calidad acuática adyacente.

En general, la temperatura en la franja marina adyacente a la línea de playa varió de 16,4 °C (estaciones C y D) a 18,5 °C (estación M - Mar Brava). Las zonas de mezcla adyacentes a

puntos de descargas mostraron un incremento con rangos que variaron entre 16,9 °C a 21,0 °C; en este caso las mayores temperaturas se ubicaron próximas a las descargas domésticas del Colector Comas (21 °C) y de efluente doméstico-agrícola-industrial "Q" (20,7 °C). Con respecto a los efluentes, éstos mostraron valores que fluctuaron de 20,4 °C (colector Comas) a 27,3 °C (efluente AGA). Las temperaturas del efluente industrial son más elevadas con relación a las otras descargas, y están muy por encima (>5 °C) de la temperatura promedio del medio marino receptor. Esto indudablemente ejerce un impacto muy localizado en el punto de descarga, debido a que los volúmenes de las descargas industriales son mucho menores que las domésticas y son rápidamente diluidas por el medio marino receptor.

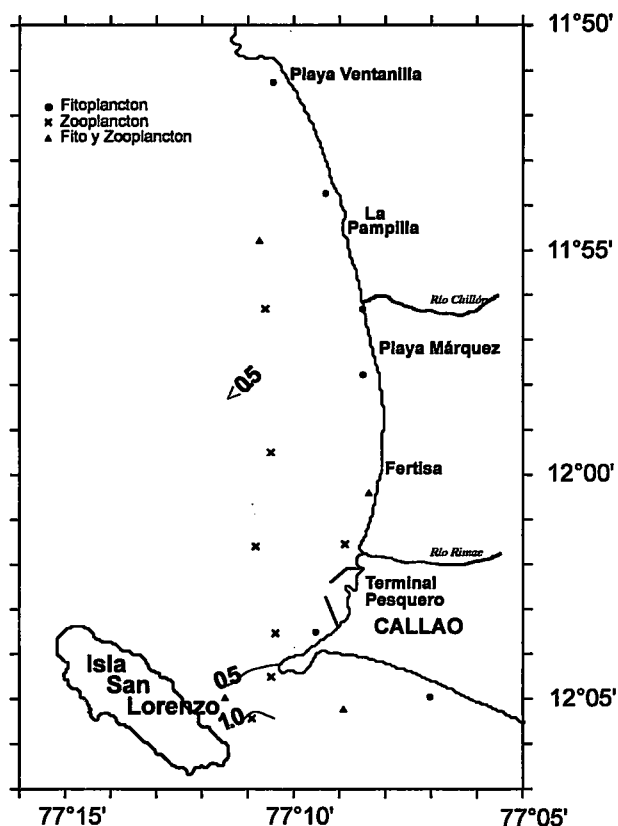


FIGURA 14. Distribución en superficie de volúmenes de plancton (mL/m^3). Bahía de Callao, 23-25 de agosto de 2000.

Con relación al contenido de *oxígeno disuelto*, éste presentó óptimos valores que oscilaron entre 3,4 mL/L (Playa Cantolao) a 5,9 mL/L (Playa Ventanilla) que incluyeron algunas zonas de mezcla. El Terminal Pesquero (estación "K") presentó el menor contenido de oxígeno (1,9 mL/L). Fuertes condiciones anóxicas se ubicaron en la zona de mezcla frente al colector Comas. Esta es una zona crítica de contaminación, que es impactada fuertemente en una amplia franja del litoral marino adyacente; una gran discoloración de sus aguas, alta turbidez, anoxia permanente, gran cantidad de basura y fuertes olores fétidos la caracterizan como una de las más contaminadas. Situación que no ha variado con respecto a evaluaciones pasadas.

Las concentraciones de *sulfuros* fueron en general menores de 1,0 $\mu\text{g-at H}_2\text{S-S}/\text{L}$. Las mayores concentraciones se ubicaron en las zonas de mezcla frente a las descargas del Colector Comas (8,5 $\mu\text{g-at H}_2\text{S-S}/\text{L}$) y de efluentes en la zona de Fertisa - Estación "Q" (5,60 $\mu\text{g-at H}_2\text{S-S}/\text{L}$); valores asociados a estados anóxicos, especialmente frente al colector. Las concentraciones de sulfuros halladas en la presente evaluación se mantienen dentro del rango registrado para prospecciones pasadas agosto 1999 (CABELLO *et al.* 1999).

Los valores de *pH* fueron muy homogéneos con una variación mínima que fluctuó entre 7,65 y 7,97. Sin embargo en las zonas de mezcla adyacente a las descargas se observó un ligero cambio con un pH de 7,33 (frente a colector Comas) hasta un pH reducido a 6,3 (estación "E") por influencia de descarga industrial. Dentro de los efluentes destacó el industrial (estación "E") con un pH ácido de 4,49 que caracterizó a una descarga cuya coloración fluctuó de blanco a rojizo; el valor del pH correspondió a un efluente de coloración marrón rojiza. Las otras descargas mantuvieron un rango de pH acorde con el área marina receptora.

Tabla 5. Evaluación del muestreo por playas. Área costera Callao-Ventanilla. 23-25 agosto del 2000

Estación	Punto Muestreo	Temp °C	Oxfg. (mL/L)	Sulfuros (ug-at H2S-SL)	pH	SST (mg/L)	Grasas (mg/L)	Observaciones
B. Playa Ventanilla	A 3 m de línea de playa	16,5	5,87	0,61	7,96	10,6	---	Mar de coloración verde azulado, de aspecto limpio. Estado de mar: 2. Playas sucias con gran cantidad de restos sólidos. Se evaluó la presencia de alquitrán en playas, siendo positivo pero en cantidades despreciables.
C. Frente a río Chillón (al lado izquierdo de la desembocadura)	A 3 m de línea de playa	16,4	5,69	0,55	7,94	30,1	2,20	Mar con discoloraciones, en la franja de 100 m a línea de playa de aspecto lechoso. Estado de mar 2; playa pedregosa con abundante basura.
D. Playa Márquez (Frente a Vencedor)	A 3 m de línea de playa	16,4	5,70	0,63	7,97	24,9	---	Mar de color verdoso, ligeramente turbio. Estado de mar: 2. Playa pedregosa, presencia de basura en toda la zona circundante.
E. Playa AGA	Z.M. (A 3 m de línea de playa)	16,9	5,32	1,04	6,28	819,7	---	Mar color rojizo hasta casi 300 m de descarga. Estado de mar 1. Playa con presencia de basura, troncos, latas, etc. Presencia de descargas inoperativas.
	Efluente Cfa. AGA	27,3	4,82	1,20	4,49	2017,1	---	Efluente con coloraciones blanquecina y rojiza que descargan en tiempos diferentes. Muestra tomada durante descarga rojiza o marrón.
F. Ajinomoto	A 3 m de línea de playa	16,7	5,61	0,79	7,8	32,7	---	Mar color verde oscuro, de aspecto limpio. Estado de mar 1. Playa con presencia de basura doméstica.
G. Colector Comas	Colector	20,4	0,00	7,17	7,56	241,2	27,00	Se observan 5 descargas que confluyen. 3 de ellas descargan intensamente y 2 con bajo caudal. Aguas negras de olor fétido penetrante. Abundante basura alrededor. Depósito clandestino de basura.
	Z.M. (A 3 m de línea de playa)	21,0	0,00	8,54	7,33	281,1	26,80	Mar color marrón muy turbio, fuertemente impactado por colector. Olor fétido en toda la zona. Playa con abundantes desperdicios.

Tabla 5. Continuación...

Estación	Punto Muestreo	Temp. °C	Oxífg. (mL/L)	Sulfuros (ug-at H ₂ S-S/L)	pH	SST (mg/L)	Grasas (mg/L)	Observaciones
H. Frente a ex Fábrica Molipasa	Z.M. Emisor (A 3 m de línea de playa)	17,0	5,36	1,49	7,88	41,4	---	Mar de aspecto turbio. 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.
J. Emisor Callao	Z.M. A 3 m de línea de playa	17,9	5,50	0,62	8,08	64,85	3,90	Toma de muestra en Z.M. al final del delta de emisor Callao. Extensión a 2 km de descarga.
Q. Zona Fertisa	Efluente CORPAC	22,0	---	---	7,89	311,9	---	Caudal considerable probablemente de origen doméstico-agrícola, aguas negras que bordean zonas de regadío, playas y se unen a otras descargas.
	Z.M. a 3 m de línea de playa	20,7	4,77	5,59	7,87	219,2	8,00	Zona gris, turbia, fuertemente impactada por descargas de Fertisa, CORPAC, regadío, etc. que confluyen al medio marino. Estado de mar: 1. Playa sucia con restos sólidos, hombres soldando embarcaciones en línea de playa.
K. Terminal Pesquero	A 1,0 m del muelle	17,4	1,95	1,49	7,65	11,9	4,80	Mar de aspecto deteriorado, gran cantidad de grasa, partículas en suspensión, restos de combustible; numerosas embarcaciones.
M. Mar Brava (frente a ENAM)	A 3 m de línea de playa	18,5	5,41	0,66	7,91	186,1	4,60	Mar de color gris muy turbio en una franja costera de casi 100 m. Estado del mar: 2. Área semicerrada delimitada por rompemuelleres. Restos sólidos y partículas en suspensión, manchas espumosas de color gris. Sólidos en superficie. Playa pedregosa con abundante basura.
P. Playa Cantolao	A 3 m de línea de playa	17,0	3,41	0,56	7,93	19,7	---	Mar de aspecto limpio. Estado de mar: 0. Playa pedregosa, limpia. Zona de esparcimiento muy cuidada. Numerosas embarcaciones.
O. Costado Coliseo La Punta	Al centro de poza y próximo a límite de rompeolas.	18,0	5,76	0,73	7,96	140,2	---	Mar de aguas muy someras. Se observa abundancia de algas verdes y pardas, especialmente en zona próxima a línea de playa. Toma se efectúa próxima al ingreso de aguas.

Z.M. : Zona de mezcla

SST : Sólidos suspendidos totales

El contenido de *sólidos suspendidos totales* (SST) varió de 11,9 (estación "K") a 186,1 mg/L (estación "M"); esta marcada variación estuvo asociada principalmente con la presencia de residuos sólidos o basuras observadas en la superficie del mar. En este caso, la zona de playa de Mar Brava (especialmente la estación "M") favorecida por su delimitación con rompemuelles, presentó una gran cantidad y variedad de desechos cuya fuente provendría del arrojado directo a la zona por recolectores informales de basura o por transporte de los mismos a través de las corrientes desde el área sur de Mar Bella. Otro valor importante se halló en la estación "O" (140,2 mg/L), donde la situación fue distinta con respecto a los desechos, pero su alto contenido de materia orgánica en suspensión estaría asociada al producto de la descomposición de la floración existente, así como a la poca profundidad y remoción de fondo dada su proximidad al ingreso de aguas. En las dos estaciones mencionadas (sin considerar la zona de mezcla) se superaron los límites de la Ley General de Aguas (clases IV y V).

Nuevamente los colectores, efluentes y las zonas de mezcla adyacentes se caracterizaron por elevadas concentraciones de sólidos en suspensión. Destaca en esta oportunidad el contenido en sólidos de la descarga industrial (estación "E"), que fue de 2.017 mg/L.

La determinación del contenido de *aceites y grasas* fue selectiva para algunas estaciones en las que se sospechaba su presencia por las características de las mismas. En general, los valores son elevados (2,0 a 8,0 mg/L) y superan lo registrado (0,35 mg/L concentración promedio) en agosto 1999, según CABELLO *et al.* (1999). Respecto al contenido de compuestos grasos en las descargas, nuevamente el colector Comas y la zona de mezcla (estación "G") presentaron las máximas concentraciones (27,0 mg/L).

Las concentraciones de *coliformes totales* estuvieron comprendidas entre <30 y $9,3 \times 10^{11}$ NMP/100mL; en general, casi todos los valores obtenidos para las estaciones de playa, sobrepasaron los límites permitidos según la LGA para los diferentes tipos de aguas a excepción de las estaciones B (Ventanilla), E (estación cercana a la desembocadura de un efluente industrial), N (Malecón Wiese) y P (Cantolao) que presentaron valores de $2,3 \times 10^2$, $9,3 \times 10^2$, $9,3 \times 10$ y <30 NMP/100 mL respectivamente (Tabla 6).

Por playa, los valores de *coliformes termotolerantes* (Tabla 6) fluctuaron entre <30 y $9,3 \times 10^{11}$ NMP/100 mL, presentándose este último en la estación G ubicada en la desembocadura del colector Comas. Las estaciones entre el Río Chillón y Mar Brava presentaron valores mayores de $2,3 \times 10^3$ NMP/100 mL, los cuales sobrepasaron los límites permitidos por la LGA. Estas estaciones pertenecientes a la desembocadura del río Chillón, playa Márquez, emisor Callao, Terminal Pesquero, Mar Brava y La Arenilla.

Los valores de *estreptococos fecales* fluctuaron entre <30 y $9,3 \times 10^{11}$ NMP/100 mL, obteniéndose el valor más elevado en la zona cercana de la desembocadura del colector Comas; de igual manera, las estaciones pertenecientes a Playa Oquendo, Colector Callao, Mar Brava y zona sur presentaron valores elevados de estreptococos fecales $2,3 \times 10^3$; $9,3 \times 10^3$; $2,3 \times 10^5$; $4,3 \times 10^3$; $2,3 \times 10^3$; $4,3 \times 10^3$; $4,3 \times 10^4$ NMP/100 mL respectivamente.

El análisis de *bacterias aerobias mesófilas* (BAM) dio como resultado valores que fluctuaron entre $1,3 \times 10$ y $6,0 \times 10^8$ ufc/mL.

Tabla 6. Resultados de los análisis microbiológicos y DBO₅ por playa. Área costera Callao 23 - 25 de agosto del 2000.

Estación	Ubicación	Temperatura °C	DBO ₅ (mg/L)	C. Totales NMP/100mL	C.Termo tolerantes NMP/100mL	Estreptococos fecales NMP/100mL	BAM* ufc/100mL
B	Ventanilla	16,5	1,05	2,3x10 ²	9,3x10	<30	3,1x10 ⁴
C	Río Chillón	16,4	1,72	7,5x10 ³	7,5x10 ³	2,3x10 ²	
D	Márquez	16,5	1,20	9,3x10 ³	9,3x10 ³	<30	1,3x10 ²
E	AGA	16,9	0,85	9,3x10 ²	9,3x10 ²	2,3x10 ³	5,6x10 ⁵
F	Ajinomoto	16,7	1,89	4,3x10 ⁴	4,3x10 ⁴	9,3x10 ³	5,2x10 ⁴
G	Colector Comas (zona mezcla)	21,0	163,73	9,3x10 ¹¹	9,3x10 ¹¹	9,3x10 ¹¹	6,0x10 ⁸
G	Colector Comas (efluente)	20,4	109,96	1,2x10 ¹³	2,1x10 ¹¹	4,3x10 ¹²	5,3x10 ⁴
H	Frente a ex fábrica Molipasa	17,0	3,85	9,3x10 ⁴	4,3x10 ⁴	2,3x10 ⁵	
J	Emisor Callao	17,9		9,3x10 ⁴	9,3x10 ⁴	4,3x10 ³	1,7x10 ⁴
K	Terminal Pesquero	17,4	2,58	4,3x10 ³	4,3x10 ³	9,3x10 ²	4,1x10 ⁴
L	Mar Brava	19,0	29,88	4,3x10 ³	4,3x10 ³	2,3x10 ³	2,0x10 ⁴
M	frente a ENAM	18,5	2,09	4,3x10 ³	4,3x10 ³	4,3x10 ³	5,0x10 ²
N	Malecón Wiesse	21		9,3x10	4,0x10	4,3x10 ²	
O	Costado Coliseo La Punta	18,0	1,32	2,3x10 ³	2,3x10 ³	4,3x10 ⁴	2,0x10 ⁴
P	Playa Cantolao	17,0	1,75	<30	<30	4,3x10	1,3x10
Q	Córpac (efluente)	22,0	94,03	2,3x10 ⁷		>2,3x10 ⁶	
U1	Córpac (zona mezcla)	20,7	13,67	>2,4x10	>2,4x10	>2,4x10	

* Bacterias Aerobias Mesófilas
ufc: Unidades formadoras de colonia

Los valores de *demanda bioquímica de oxígeno* para las estaciones de playa, estuvieron comprendidos entre 0,85 y 163,73 mg/L (Tabla 6). Este último valor fue determinado en la estación G perteneciente a la zona de mezcla del agua de mar con la descarga del Colector Comas. La estación L perteneciente a Mar Brava presentó un valor de 29,88 mg/L, valor por encima del límite permitido por la LGA (10 mg/L). Las otras estaciones de playa presentaron valores por debajo de los 10 mg/L.

5. CONCLUSIONES

1. En general, los parámetros físicos y químicos de calidad acuática se ajustaron a los requerimientos legales de las Clases IV, V y VI de la Ley General de Aguas. Las concentraciones de sólidos y de aceites y grasas en la zona costera fueron elevadas, superando en algunos casos los requisitos de calidad para la vida acuática. Las principales fuentes la constituyen las descargas doméstica e industrial.
2. La descarga emitida al ambiente marino principalmente frente al río Rímac alteró el tenor de oxígeno (disminución) en superficie y se registraron los valores más elevados de sulfuros, grasas y aceites. En general, los valores de oxígeno fueron óptimos; con excepción de la zona adyacente a la línea costera frente al colector Comas cuyas condiciones críticas de anoxia se mantienen.

3. Anomalías térmicas positivas de +0,5 a +0,9 °C se presentaron al norte y centro de la bahía respectivamente.
4. Las temperaturas presentaron un rango característico (16,4 – 18,5 °C) en la zona costera del litoral del Callao. Sin embargo, destaca la temperatura de la descarga industrial, con respecto al medio marino receptor, ejerciendo un impacto localizado en el punto de descarga.
5. Los valores de salinidad registraron valores que variaron de 25,078 a 35,178 ups en superficie y de 34,764 a 35,140 ups en fondo. Estos valores indicaron una moderada influencia especialmente a nivel superficial de agua dulce procedente de los ríos y colectores.
6. La circulación presentó intensidades de flujos que variaron de 5,5 a 32,9 cm/s y de 1,0 a 22,0 cm/s para superficie y fondo respectivamente.
7. El fitoplancton se caracterizó por presentar diatomeas neríticas de afloramiento destacando *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira rotula* y *Lithodemium undulatum*, por su mayor frecuencia y abundancia, las mismas que corresponden a las esperadas para la estación del año.
8. Las condiciones ambientales del invierno 2000 favorecieron a una mayor distribución del indicador de ACF, *Protoberidinium obtusum*.
9. Las concentraciones de sulfuros en zona litoral fueron bajas y los valores de pH estuvieron dentro de los requisitos de calidad acuática.
10. La basura observada a lo largo de las playas constituye un serio problema que viene ejerciendo un impacto negativo que compromete la franja costera adyacente a la línea de playa.
11. Se localizaron como focos de contaminación microbiológica de tipo fecal muy fuerte, las zonas de desembocaduras del colector Comas y emisor Callao, encontrándose en estas zonas (tanto en mar como en playa) concentraciones muy elevadas de bacterias indicadoras de contaminación fecal.
12. La zona comprendida entre el río Chillón y el río Rímac presentó durante la evaluación una elevada carga microbiana, principalmente de bacterias indicadoras de contaminación fecal.
13. Se registraron valores bajos de la demanda bioquímica de oxígeno, que no sobrepasaron los límites establecidos por la Ley General de Aguas (10 mg/L) a excepción de las estaciones de playa G y L pertenecientes a la zona de mezcla con la descarga del colector Comas y Mar Brava respectivamente.
14. En contraste a los resultados de la evaluación microbiológica realizada en el mes de agosto 1999, se observó un incremento en la concentración de bacterias indicadoras de contaminación fecal en las estaciones 4 y 6 frente a la zona de La Punta. Este incremento

fue de <30 NMP/100 mL (agosto 99) hasta $9,3 \times 10^2$ NMP/100 mL, valor registrado en la estación 6 en la presente evaluación. Esto indica la influencia de alguna descarga de tipo doméstico en la zona.

6. Referencias

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1992. Methods for examination of water and wastewater. 18th Ed. New York: 1-193.
- CABELLO, R. y C. FIERRO y L. VÁSQUEZ. 2000. Evaluación de la calidad acuática en el área costera del Callao. Agosto 1999. Inf. Prog. Inst. Mar Perú 125. 24 pp.
- CARMELO, R. 1996. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press. California, 586 pp.
- CUPP, E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceangr. 5: 1-237.
- CHANG, F., P. VILLANUEVA y C. FERNÁNDEZ. 1999. Distribución del fitoplancton de superficie en el Monitoreo Oceanográfico Pesquero en Áreas Seleccionadas (Chimbote y Callao) MOPAS 9908. (Informe interno).
- 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.
- HENDEY, I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British Coastal waters. Part. V. Bacillariophyceae (Diatoms). Her Majesty's Stationery Office, London: 317 pp.
- HUSTED, F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. En: L. Rabenhorst (ed). Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971 1971: 920 pp.
- INTERNATIONAL STANDARD. 1983. Water quality determination of biochemical oxygen demand after day (BOD₅)-Dilution and seeding method. ISO 5815. International Standard. 12 pp.
- STANDARD METHODS. 1980. For the examination of water and wastewater. 15th edition. APHA-AWWA-WPCF.
- SCHILLER, J. 1971. Dinoflagellate (Peridinae) in monographischer Behandlung. 2 Teil. En: L. Rabenhorst (ed). Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, 1971, Vol. 10 Section 3, Parte 1: 617 pp.
- SOURNIA, A. 1967. Le genre *Ceratium* (Peridiniin Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une revision mondiale. Vie et Milieu. 18 (2A-A): 375-580 pp.
- SUNDSTRÖM, B. 1986. The Marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden: 196 pp.