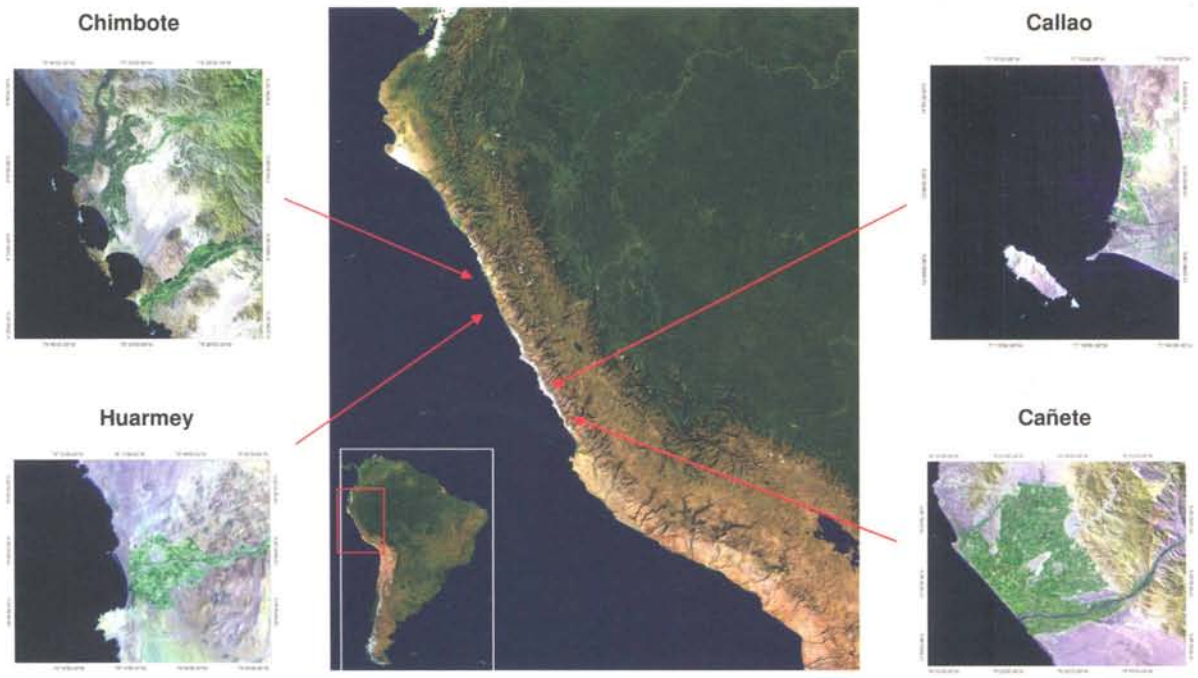
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

ISSN 0378 - 7702
Volumen 35 Número 1

Evaluación ambiental en zonas marino costeras del Perú. 2002, 2003 y 2004



Enero –Marzo 2008

Callao, Perú

BAHÍA DEL CALLAO, PERÚ. EVALUACIÓN AMBIENTAL EN MARZO 2002

CALLAO BAY, PERU. ENVIRONMENTAL ASSESSMENT IN MARCH 2002

Guadalupe Sánchez Rita Orozco Manuel Guzmán

Unidad de Monitoreo y Gestión Marino Costera. DIAGCAC. IMARPE. gsanchez@imarpe.gob.pe

RESUMEN

Sánchez G, Orozco R, Guzmán M. 2008. *Bahía del Callao, Perú. Evaluación ambiental en marzo 2002. Inf. Inst. Mar Perú. 35(1):27-41.-* En 26 estaciones de muestreo, 17 por mar y 9 por línea costera, se evaluaron: a) parámetros ambientales físicos y químicos, b) indicadores de contaminación microbiológica; c) aporte de carga orgánica por colectores de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento; d) trazas de metales pesados en sedimentos y en organismos. En sedimentos del fondo se registró: cadmio (0,81 a 5,47 mg/g), plomo (12,00 a 120,25 mg/g), cobre (7,72 a 74,7 mg/g) y cinc (8,94 a 197,16 mg/g). Los valores altos estuvieron frente al terminal portuario del Callao y la desembocadura del río Rímac; y los bajos, frente a la isla San Lorenzo. Se evaluaron trazas de metal en los músculos de tres moluscos: almeja, *Gari solida*; pique o señorita, *Crepipatella dilatata* y caracol negro, *Stramonita chocolata.* Los efluentes industriales, domésticos y las aguas del Rímac, que arrastran contaminantes hacia la zona central de la bahía del Callao, producen un impacto negativo sobre la calidad del agua, cuyos valores sobrepasan ampliamente los límites permisibles de la Ley General de Aguas para las clases IV, V y VI. La contaminación en la bahía del Callao no ha variado en los últimos 22 años, por lo que mantiene su calificación de grave contaminación de tipo crónica. De ahí surge la necesidad de aplicar las medidas de saneamiento integral, mediante el tratamiento de las aguas residuales que se vierten a esta bahía, en forma directa e indirecta, para dar la protección adecuada al ambiente marino y minimizar los riesgos para la salud humana.

Palabras clave: calidad del agua, contaminación microbiológica, metales, bahía del Callao, mar peruano.

ABSTRACT

Sánchez G, Orozco R, Guzmán M. 2008. *Callao Bay, Peru. Environmental assessment in March 2002. Inf Inst Mar Peru. 35 (1): 27-41 .-* At 26 stations, 17 by sea and 9 by coastline, different parameters were evaluated: a) physical and chemical, b) indicators of microbiological contamination; c) the amount of organic mater from domestic and industrial wastewater dumped into the bay without any treatment, d) heavy metal trace levels in sediments and organisms. In bottom sediments the results were: cadmium (0.81 to 5.47 mg/g), lead (12.00 to 120.25 mg/g), copper (7.72 to 74.7 mg/g) and zinc (8.94 to 197.16 mg/ g). Higher values in general were found off Callao Port Terminal and the Rímac river mouth; and low values were recorded off San Lorenzo Island. Traces of metal in the muscles were evaluated in three mollusks: clam, *Gari solida*, pique or señorita, *Crepipatella dilatata* and black snail, *Stramonita chocolata*. The issuance of industrial and domestic effluents and Rímac river water carry organic matter into the central área of Callao Bay, producing a negative impact on water quality, with values beyond the permissible limits of the General Water Law for classes IV, V and VI. Pollution in the bay of Callao has not changed in the past 22 years, so it maintains its rating of severe chronic contamination. Hence, emerges the need for management measures such as integral sanitation with the treatment of wastewater dumped into the bay, to give adequate protection to the marine environment and minimize the risks to human health.

Keywords: water quality, microbiologic pollution, metals, Callao Bay, Peruvian sea.

INTRODUCCIÓN

En marzo 2002, el IMARPE efectuó una evaluación de la calidad del ambiente marino y la zona costera de la bahía del Callao, siguiendo el Plan Operativo Institucional como parte de la Red de Monitoreo. Se han analizado los parámetros de calidad del agua de mar, y los niveles de contaminación en los sedimentos y algunos organismos marinos.

El ámbito marino costero ha sido calificado como de grave contaminación por los trabajos de Guillén (1981). En la década de los noventa, dentro del Convenio Corde Callao e Imarpe se efectuaron trabajos sobre la evaluación de la calidad de medio marino (Jacinto et al. 1994), evaluación microbiológica en agua de mar (Sánchez et al. 1994), y un informe sobre el inventario regional de fuentes terrestres de contaminación Sánchez y Orozco (1996), donde señalan el gran volumen de residuos líquidos y sólidos que van finalmente a la zona del litoral de Márquez, Oquendo, Acapulco y otras zonas marginales del Callao.

El presente estudio se realizó en el área comprendida entre los 11°54′00″ y 12°05′38″S, hasta una distancia aproximada de 2,5 millas de costa, utilizando como medio

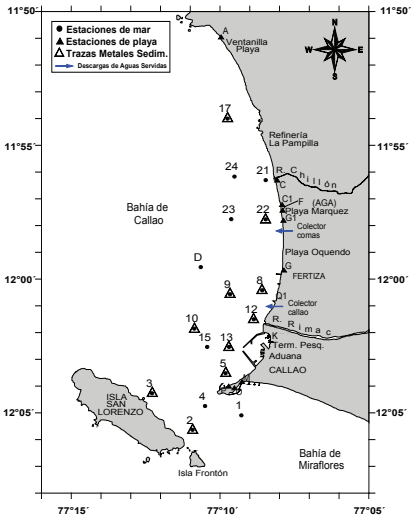


Figura 1.- Carta de Posiciones del Monitoreo de la calidad acuática. Bahía de Callao. Marzo 2002.

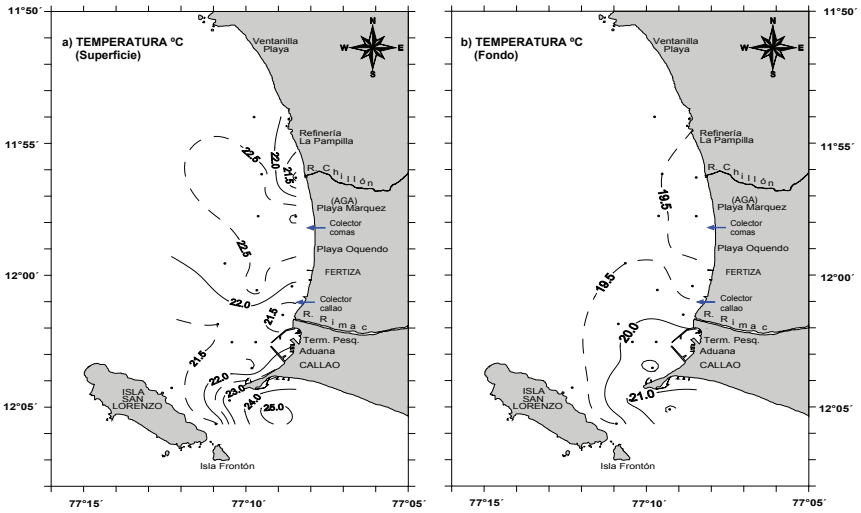


Fig. 2 .- Distribución de Temperatura (°C) en el Mar, a) Superficie b) Fondo Durante la Evaluación

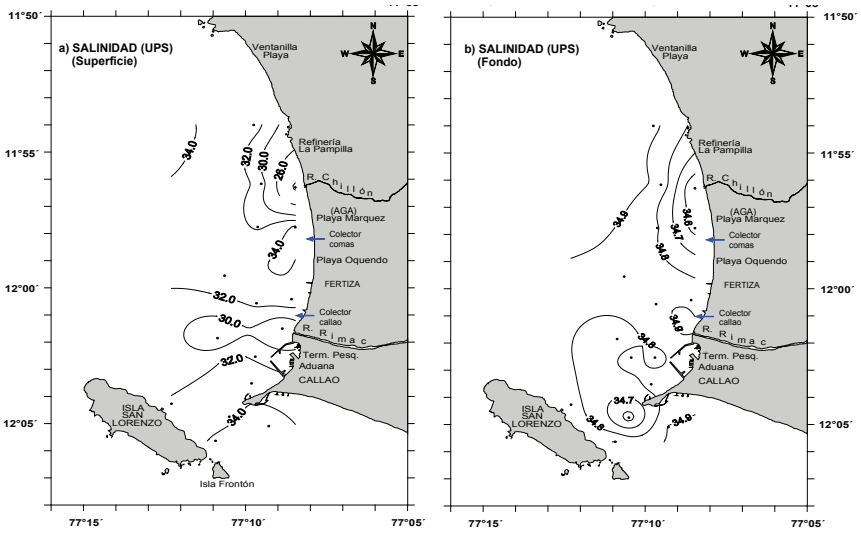


Fig. 3 .- Distribución de Salinidad (UPS) en el Mar, a) Superficie b) Fondo Durante la Evaluación de la Calidad Acuática en Área Costera Callao (19-20 Marzo 2002).

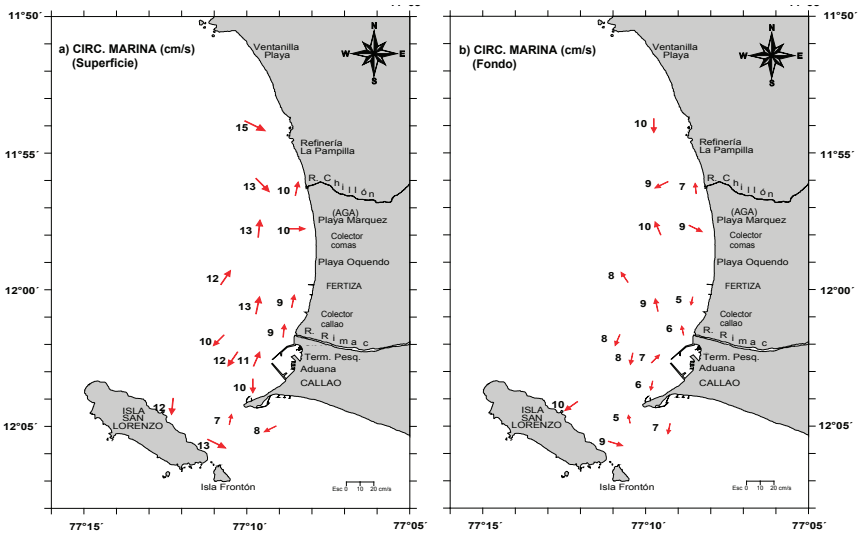


Fig. 4 .- Circulación Marina (cm/s), a) Superficie b) Fondo Durante la Evaluación de la Calidad Acuática en Área Costera Callao (19-20 Marzo 2002).

de transporte la Patrullera BAP Cañete. Se evaluaron 26 estaciones distribuidas en la bahía Callao por mar y línea costera. Se determinó la carga orgánica de 3 efluentes domésticos e industriales, para conocer su impacto sobre la calidad del agua de la bahía del Callao.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se establecieron 17 estaciones hidrográficas (Figura 1); se colectaron muestras de agua a nivel de superficie y a un metro del fondo. Se utilizaron los métodos propios del IMARPE para registrar temperatura, salinidad, circulación marina con dirección e intensidad de flujos, oxígeno disuelto, pH, nutrientes, sólidos suspendidos, aceites y grasas, sulfuros de hidrógeno, DBO_5 y coliformes; y en estaciones pre establecidas se tomaron muestras para análisis de hidrocarburos de petróleo y trazas de metales.

RESULTADOS

Características hidrológicas y oceanográficas

Los días 19 y 20 de marzo 2002 se llevaron a cabo los registros en áreas seleccionadas de la bahía del Callao. La Tabla 1 reúne las variables físicas y químicas. En la Tabla 2 se anotan las variables de la calidad de agua. En la Tabla 3 se describen las características de las 11 playas observadas.

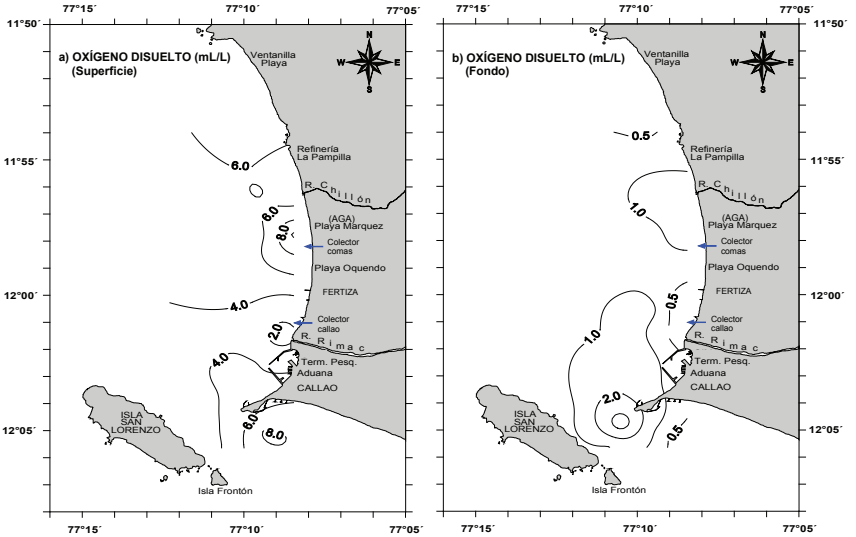


Fig. 5 .- Oxígeno disuelto (mL/L), a) Superficie b) Fondo Durante la Evaluación de la Calidad Acuática en Area Costera Callao (19-20 Marzo 2002).

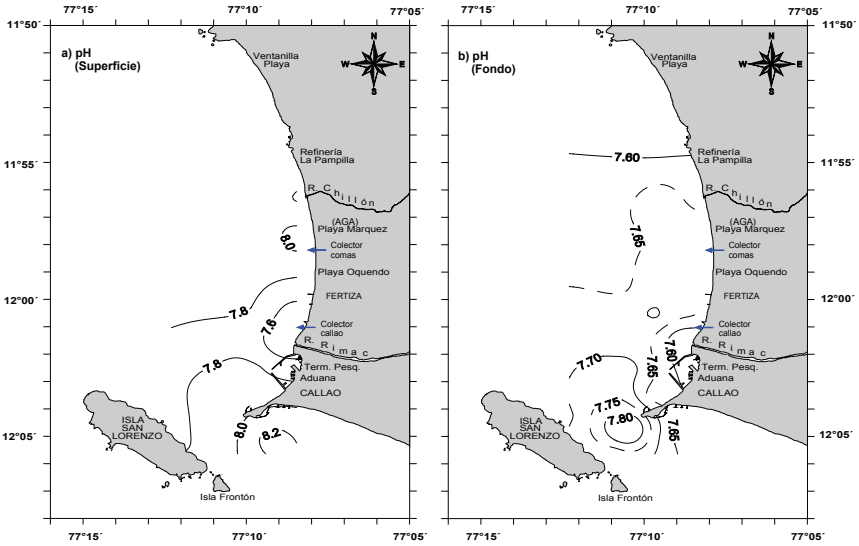


Fig. 6 .- Distribución de pH en el mar, a) Superficie b) Fondo Durante la Evaluación de la Calidad Acuática en Area Costera Callao (19-20 Marzo 2002).

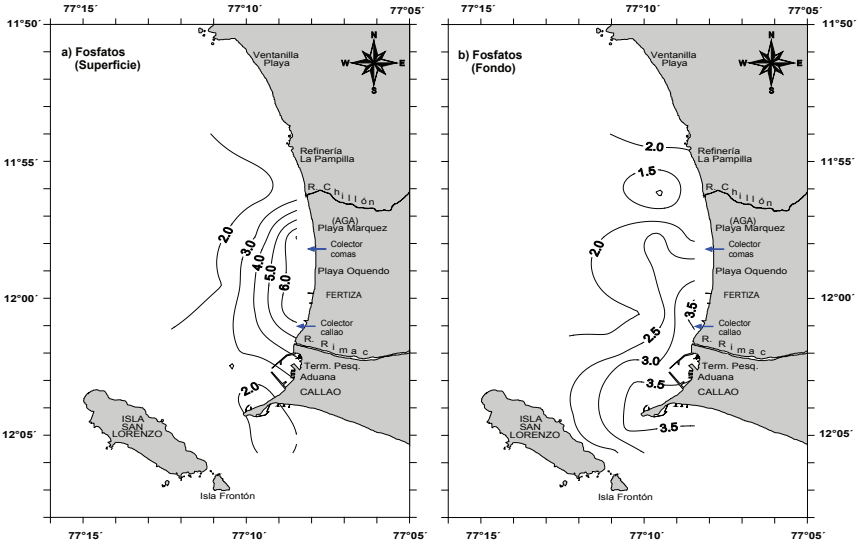


Fig. 7 .- Distribución de fosfatos (ug-at/L) en el mar, a) Superficie b) Fondo Durante la Evaluación de la Calidad Acuática en Area Costera Callao (19-20 Marzo 2002).

Temperatura (°C).- En la Figura 2a se representan los datos en superficie (promedio 22,2 °C); las mínimas correspondieron a las desembocaduras de los ríos Chillón (20,8 °C) y Rímac (21,0 °C), y las máximas, al sureste de la Punta, frente a Carpayo (25,6 °C).

A nivel subsuperficial, a un metro del fondo (Figura 2b), entre la Refinería La Pampilla y la desembocadura del río Rímac los valores fueron de 19,1 a 21,5 °C; al sureste de La Punta la temperatura fue mayor, con aguas hasta de 21,5 °C.

Salinidad (ups).- En superficie (18,3 a 34,7 ups), la concentración salina estuvo influenciada por la descarga de los ríos Chillón y Rímac (Figura 3a). Entre La Punta e isla San Lorenzo, por la convergencia de aguas de la bahía Miraflores, se acercó a valores normales, hasta 34,7 ups.

En la capa subsuperficial, o de fondo, la salinidad se presentó más estable y homogénea (Figura 3b).

Circulación marina (cm/s).- A 0,5 m de la superficie la intensidad fue 7 a 15 cm/s (promedio 11,9) (Figura 4a); en la franja costera al norte del río Rímac, se registraron flujos proyectados hacia el norte y una contracorriente por fuera de las 2 mn. También hubo convergencia de flujos en la zona entre La Punta y la isla San Lorenzo.

La circulación subsuperficial presentó un remolino frente a la boca del río Rímac (Figura 4b), con flujos proyectados en forma anti-horaria, y otros algo dispersos frente a la boca del río Chillón. Frente a La Punta, se registró la convergencia de flujos procedentes de las bahías Callao y Miraflores. La intensidad, entre 5 y 10 cm/s, tuvo un promedio de 7,8 cm/s.

Oxígeno disuelto (mL/L).- A nivel de superficie, de 1,12 y 8,54 mL/L (Figura 5a). El máximo se halló frente a la Pampilla y playa Márquez; el mínimo, frente al río Rímac. En fondo los valores variaron de 0,05 a 1,65, pero frente a La Punta se halló el máximo de 3,67 (Figura 5b).

Potencial de iones Hidronio (pH).- En superficie varió de 7,41 a

8,30 (Figura 6a), promedio 7,85; los pH más altos estuvieron asociados a mayor temperatura y de oxígeno disuelto. En la Figura 6b, en el nivel subsuperficial, se observa la misma tendencia.

Nutrientes (ug-at/L)

Los Fosfatos, en superficie (1,53 y 7,07 ug-at/L, Figura 7a), los altos valores se registraron dentro de 1,0 mn, entre playa Márquez y el nuevo emisor del Callao (6,0 a 7,0), y decrecieron al alejarse de la costa. En el fondo (0,91 a 3,78 ug-at/L, Figura 7b), los mayores valores se registraron en las estaciones más costeras (Mar Brava, La Punta y frente al río Rímac).

Los Silicatos, en superficie tuvieron amplio rango (5,54 a 78,09 ug-at/L, Figura 8a) con las mínimas en la Mar Brava, La Punta; fueron mayores al norte de la bahía del Callao, frente al río Chillón (78,09 ug-at/L). En el fondo (5,08 a 14,71 ug-at/L, Figura 8b) tuvieron una distribución relativamente uniforme.

Los Nitratos, A nivel superficial (4,77 a 21,02 ug-at/L, Figura 9a) en la mayor parte del área costera el contenido fue de 6,0 a 8,0 ug-at/L, y alcanzó su máxima frente al río Chillón. En el fondo (Figura 9b) fue similar a la superficie, con las mínimas en Mar Brava y La Punta.

Los Nitritos, en superficie (0,26 a 1,86 ug-at/L, Figura 10a) se distribuyeron en forma homogénea. En el fondo, los valores (0,86 a 2,79 ug-at/L, Figura 10b) mostraron tendencia de incremento hacia el sur.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5, ug/L).- Los valores de DBO_5 fueron bajos (1,41 a 13,10 ug/L, Figura 11) con el máximo frente al colector Comas, que sobrepasó el límite permisible de 10 ug/L establecido por la LGA, para los diferentes usos del agua de mar. En la estación situada a 800 m frente a la desembocadura del río Chillón se registró 9,6 ug/L.

Sólidos suspendidos totales (SST, mg/L).- A nivel superficial el rango fue de 4,31 a 267,31 mg/L, promedio de 33,88 mg/L; el valor más bajo se registró en la estación fren-

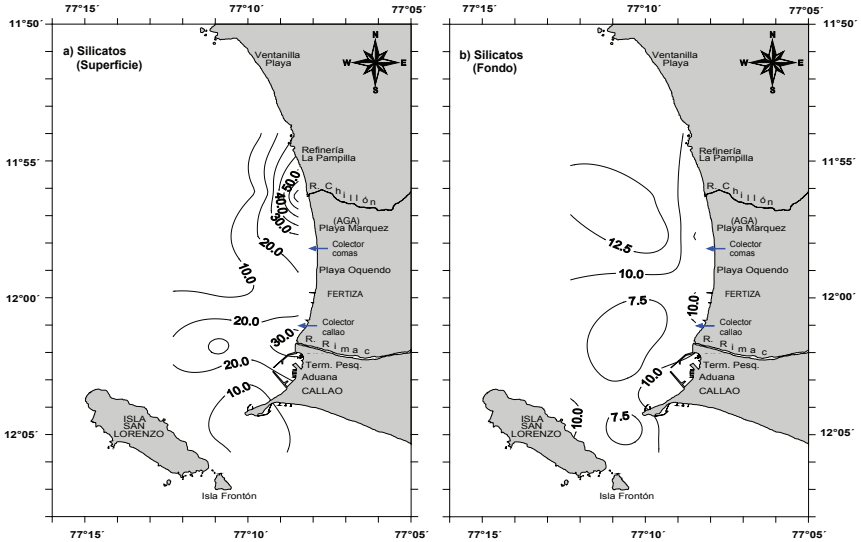


Fig. 8 .- Distribución de silicatos (ug-at/L) en el mar, a) Superficie b) Fondo Durante la Evaluación de la Calidad Acuática en Área Costera Callao (19-20 Marzo 2002)

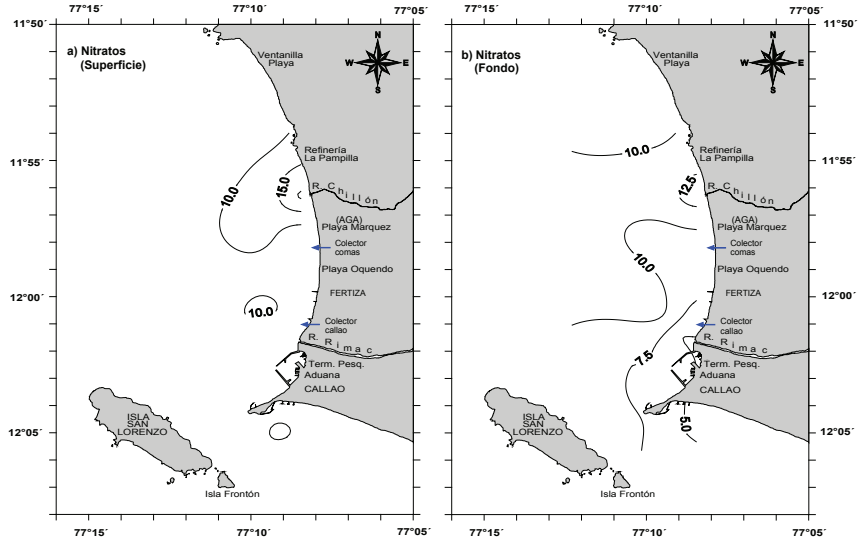


Fig. 9 .- Distribución de nitratos (ug-at/L) en el mar, a) Superficie b) Fondo Durante la Evaluación de la Calidad Acuática en Área Costera Callao (19-20 Marzo 2002).

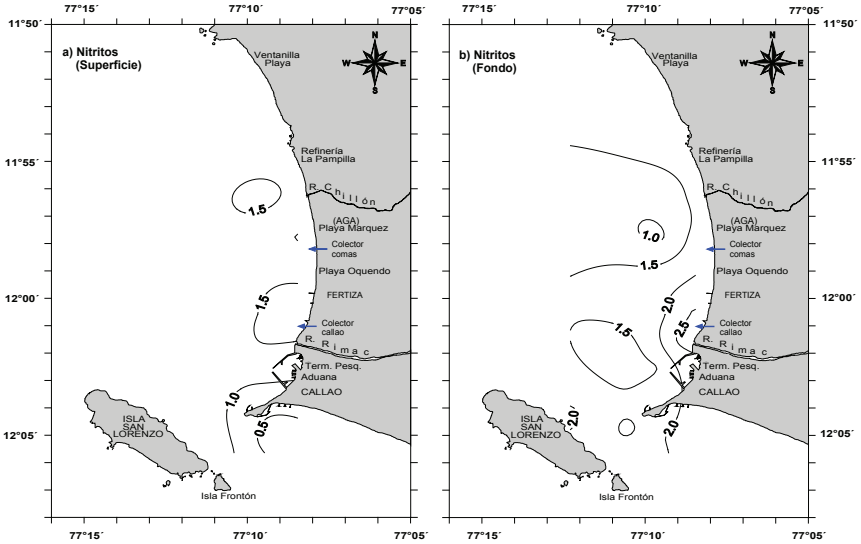


Fig. 10 .- Distribución de nitritos (ug-at/L) en el mar, a) Superficie b) Fondo Durante la Evaluación de la Calidad Acuática en Área Costera Callao (19-20 Marzo 2002).

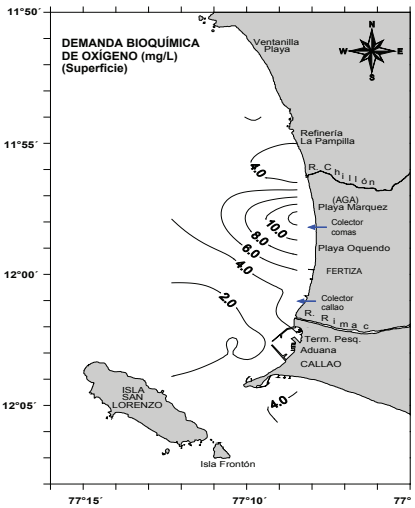


Fig. 11 .- Distribución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) a nivel superficial. 12 de Marzo 2002.

te a isla San Lorenzo, y el más alto, frente a la desembocadura del Colector Comas, única concentración que supera el límite permisible por la LGA de 100 mg/L. Las mayores concentraciones se encontraron muy cerca de la costa entre el río Chillón y la playa Márquez (Figura 12a).

A nivel de fondo (3,23 a 59,68 mg/L, promedio de 24,0 mg/L) el mínimo se registró frente a la isla San Lorenzo. En la Figura 12b, los mayores valores se centran frente al terminal portuario del Callao.

Sulfuros de Hidrógeno (ug-at H_2S-S/L).- A nivel superficial (0,50 a 1,01 ug-at H_2S-S/L, promedio 0,63, Tabla 2), el valor más alto se registró frente al Terminal Portuario del Callao (Figura 13).

Aceites y grasas.- La presencia de aceites y grasas fue evaluada a nivel superficial (Tabla 2) en áreas seleccionadas, por estar en zona de influencia de vertimientos de ríos o de actividades conexas al movimiento de embarcaciones o de actividades industriales como la Refinería La Pampilla. Los mayores valores se obtuvieron frente al Terminal Portuario del Callao y al norte de la Pampilla (2,58 y 2,50 mg/L). En la Figura 14 se aprecia la distribución de isolíneas >2 mg/L al norte de la Refinería La Pampilla y al sur oeste, siguiendo la dirección de las corrientes marinas a nivel subsuperficial (Figura 4b).

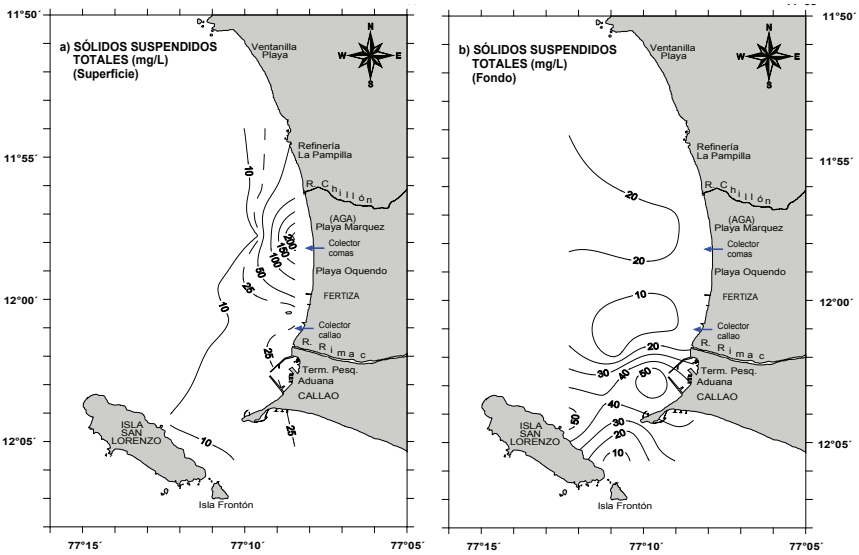


Fig. 12 .- Sólidos Suspendidos Totales (mg/L) en a) Superficie b) Fondo. Bahía de Callao. Marzo 2002.

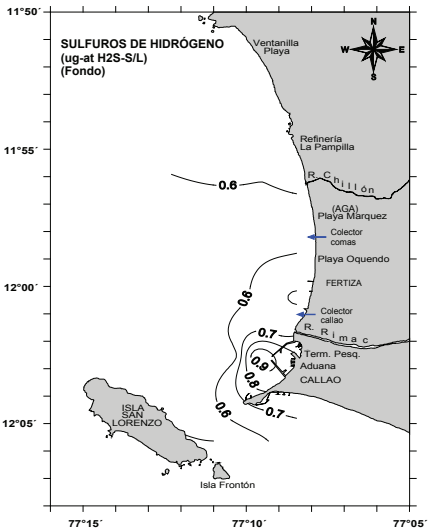


Fig. 13 .- Distribución de Sulfuros (ug-at H2S-S/L) a nivel de fondo. Bahía de Callao. Marzo de 2002.

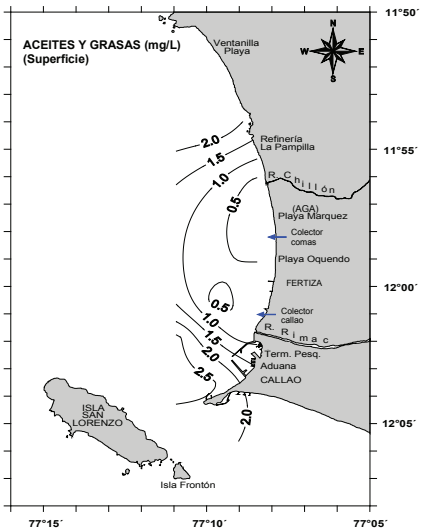


Fig. 14 .- Distribución de aceites y grasas (mg/L) a nivel superficial. Bahía de Callao. Marzo de 2002.

Indicadores de contaminación microbiológica

Por mar.- Los valores de Coliformes Termotolerantes (4,0x10 a 2,3x10^6 NMP/100 mL, Figura 15), con máximo valor encontrado en la desembocadura del río Rímac, que sobrepasó los límites permisibles de la LGA, para las clases IV, V y VI. Además, se registraron valores altos (2,1x10^5 NMP/100 mL) en la estación frente a Fertiza, y el río Chillón (zona industrial del Callao), que también sobrepasaron dichos límites permisibles.

Los Estreptococos Fecales (Figura 16) fueron menores a los termotolerantes; llegaron a <30 y 4,6x10^5 NMP/100 mL, con el máximo valor registrado en la estación 12 frente al río Rímac. Los valores más altos se presentaron frente a la desembocadura del río Chillón (estación 21) y frente al Terminal Portuario del Callao (estación 15).

Por playas.- La línea costera se encuentra afectada por fuentes de contaminación puntuales y no puntuales, tales como efluentes de aguas residuales domésticas e industriales, la afluencia de los ríos Rímac y Chillón y las actividades desarrolladas en el Terminal Pesquero Artesanal (Figura 17) y en la rada interior de la Base Naval (por playas en la Tabla 3, y de los efluentes en la Tabla 4).

Los Coliformes Termotolerantes en la zona comprendida

entre Ventanilla (Figura 18) y Fertiza (Figura 19) variaron de 4x10 a $2{,}0x10^{11}$ NMP/100 mL, y los Estreptococos Fecales de $9{,}0x10^{2}$ a $2{,}1x10^{13}$ NMP/100 mL; el máximo se halló en la zona de mezcla con el colector Comas. Valores menores se registraron entre La Punta y Mar Brava. Los Coliformes Termotolerantes variaron entre <30 a $9{,}3x10^{2}$ NMP/100 mL, este último registrado en Mar Brava, superó el límite permisible para la clase V de la LGA. Los Estreptococos Fecales fueron más elevados ($1{,}5x10^{2}$ a $9{,}3x10^{2}$ NMP/100 mL).

Los valores de DBO_5 tuvieron un rango de 2,65 a 45,01 mg/L, este máximo valor se registró en la zona de mar frente al Colector Comas (Figura 20); en la playa Oquendo (Figura 21) se obtuvo 13,58 mg/L. Ambos sobrepasaron los requisitos de calidad de agua (10 mg/L) establecido en la LGA.

Los SST a nivel de playa, sólo en dos estaciones mostraron valores por encima de los límites permisibles (Tabla 3); fue el caso de la zona de mezcla del efluente de Fertiza con el colector Comas. El valor más bajo se obtuvo en las playas de Ventanilla, al norte de la bahía del Callao.

Evaluación de efluentes.- Los aportes de materia orgánica y bacterias fecales procedentes de efluentes puntuales y no puntuales fueron significativas. La DBO_5 llegó a 112,10 mg/L (Tabla 4) en el colector Comas, a 25,80 mg/L en el efluente Fertiza, y a 20,20 mg/L en el Colector de AGA. El rango de los coliformes termotolerantes fue de $9{,}3x10^{2}$ a $2{,}3x10^{17}$ NMP/100 mL y de los estreptococos fecales de $4{,}3x10^{2}$ y $9{,}3x10^{14}$ NMP/100 mL.

Evaluación de metales en trazas

En sedimentos (Ver Tabla 5)

La mayor concentración de Cadmio Total (5,47 mg/g) se detectó en la estación 13, a 9,5 m de profundidad; ligeramente inferior al del sedimento superficial de la bahía San Vicente, Chile (3 a 5,8 mg/g), calificada como no contaminada (Ahumada 1992). El menor valor (0,81 mg/g), en la Playa

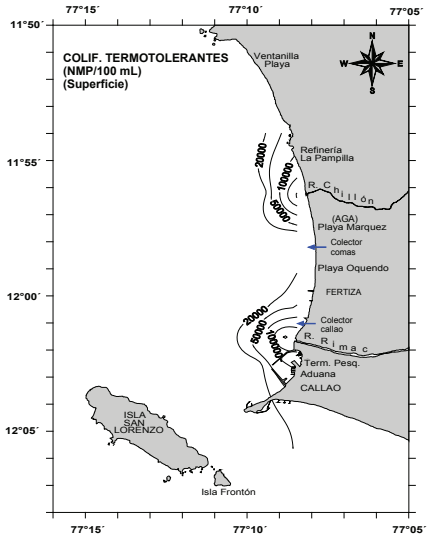


Fig. 15 .- Distribución de Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL) a nivel superficial. 12 de Marzo de 2002.

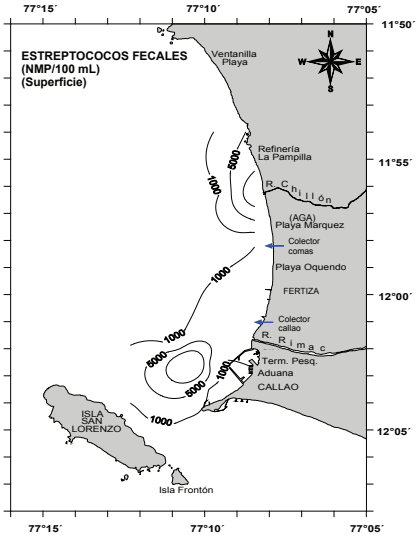


Fig. 16 .- Distribución de Estreptococos Fecales (NMP/100 mL) a nivel superficial. 12 de Marzo de 2002.

Figura 17.- Terminal Pesquero del Callao. Decoloración del agua, por eutrofización. Marzo 2002

Figura 18.- Playa de Ventanilla. Desechos sólidos, basura doméstico y agrícola. Marzo 2002

Figura 19.- Vertimiento de aguas residuales industriales, domésticas y agrícolas. Fertiza. Marzo 2002

Figura 20.- Colector Comas: a) descarga en la zona de Oquendo y b) vertimiento en las playas de Oquendo.

Márquez y el valor medio fue 3,34 mg/g. La distribución espacial se concentró en la entrada al Terminal Portuario del Callao (5 mg/g, Figura 23a) con gradiente de disminución hacia el norte.

En la misma estación 13 a 9,5 m de profundidad se halló la mayor concentración de Plomo Total (120,25 mg/g); esta concentración fue superior al rango (19 a 54 mg/g) mencionado para la bahía San Vicente, Chile. El menor valor (12,00 mg/g) se registró frente a la isla San Lorenzo y el valor medio fue de 47,57 mg/g. La distribución se concentró en la entrada al Terminal Portuario del Callao (110 mg/g, Figura 23b) con gradiente de disminución hacia el oeste.

En la estación 12, frente a la boca del río Rímac, a 7,0 m de profundidad, se detectó la mayor concentración de Cobre Total (74,77 mg/g) que fue superior al valor mayor del rango en el sedimento superficial de la bahía San Vicente, Chile (50 a 68 mg/g), calificada de no contaminada. La concentración media del área fue de 37,38 mg/g. En la Figura 24a se observa que las mayores concentraciones de cobre se localizaron al frente del río Rímac.

El mayor contenido de Cinc Total (197,16 mg/g) se detectó en la Estación 13 a 9,5 m de profundidad, con promedio de 58,65 mg/g. La distribución espacial de cinc muestra el gradiente de concentración hacia la línea costera, especialmente en la boca de ingreso al Terminal Portuario del Callao, donde se ubicó un núcleo de 190 mg/g (Figura 24b).

En la Figura 25 se observan las concentraciones medias de Cd, Pb, Cu, Zn, registradas en el Callao durante el 2001 y 2002. En el año 2001 se registró mayor concentración promedio de cobre adsorbido en el sedimento superficial que en el año 2002.

En organismos

En la Figura 26 se grafica la concentración promedio de metales pesados (cadmio, plomo, cobre y cinc) registrados en el homogenato de tejido obtenido de las tres especies de moluscos analizados en la bahía del Callao. Ver también Tabla 6.

Almeja, *Gari solida*.- Se analizó el cuerpo eviscerado de cinco ejemplares de almeja (LV de 48,7 a 76,0 mm) con una masa media representativa con valva de 80,30 gramos. El cadmio alcanzó los 0,96 mg/g de muestra liofilizada. No se detectó plomo. El cobre total alcanzó 1,96 mg/g, valor inferior a 10,00 mg/g seco establecido como máximo en la India (FAO 1983). La concentración de cinc fue muy baja; el límite legal para este metal es de 50 mg/g de peso seco.

Pique o señorita, *Crepipatella dilatada*.- Se evisceraron 24 ejemplares (LV de 20,7 a 40,2 mm) con una masa media representativa con valva de 5,6 gramos. La concentración de cadmio total fue de 2,4 mg/g. No se detectó plomo. El cobre total fue de 14,85 mg/g. El zinc total detectado alcanzó 0,09 mg/g.

Caracol negro, *Stramonita chocolata*.- Se evisceraron 9 ejemplares (LV de 51,0 a 67,0 mm) con una masa media representativa con valva de 50,3 gramos. El cadmio total detectado fue de 1,74 mg/g; el plomo, de 0,14 mg/g; el cobre, de 40,94 mg/g; el total de cinc detectado fue muy bajo (0,31 mg/g). Cabe señalar que por el tipo de dieta alimentaria en esta especie, la ingesta de partículas con metales trazas es más directa que en otros moluscos, inclusive bivalvos.

Figura 21.- Zona de Oquendo. Instalaciones de plantas industriales y en la playa desechos sólidos y basura arrastrada al mar con las aguas de los ríos Rímac y Chillón. La acción de las corrientes de máreas depositan estos materiales en la playa. Marzo 2002

Figura 22.- Playa Márquez, acumulación de basura, proveniente de la descarga del río Chillón, Marzo 2002.

DISCUSIÓN

La bahía del Callao ha sido considerada como de grave contaminación presente en el área marina, diferenciada en cuanto al tipo y nivel de contaminación, sea por sustancias orgánicas, elementos químicos o por agentes microbiológicos (Guillén 1981, Sánchez y Orozco 1997, CPPS 2000).

En la Zona Norte, entre Ventanilla hasta el río Chillón, la contaminación es de tipo orgánico por aguas residuales domésticas tratadas en lagunas de oxidación, descargadas en acequias de regadío, aunque la capacidad de tratamiento alcanza sólo al 53% de los producidos en dicha zona (CONAM 2001). La presencia incidental de residuos de hidrocarburos de petróleo está influenciada por la actividad de la refinería La Pampilla.

En la Zona Centro, comprendida desde la desembocadura del río Chillón hasta el Terminal Portuario del Callao, se encuentra la más diversa actividad, desde asentamientos humanos a plantas industriales, que producen residuos líquidos domésticos e industriales que en su mayoría no son tratados y vertidos al mar. Igualmente, los residuos sólidos no tienen un plan de gestión integral que haga viable su disposición final ya que no cuenta con relleno sanitario para residuos industriales, entre otras carencias (CONAM 2001).

Esta situación hace que la zona de mar, así como del litoral costero presenten señales claras de contaminación, principalmente por las aguas servidas descargados por los tres colectores en dicha zona: el emisor Centenario o Callao (4 m^3/s), el emisor Comas (2,2 m^3/s) y el colector Bocanegra (0,68 m^3/s). El emisor Comas tiene aguas residuales provenientes de un "Proyecto de tratamiento de aguas negras" para la irrigación de cultivos agrícolas (Proyecto BioPlanta GMBH 2001) con activa participación del gobierno local, una agencia alemana y la población de la zona de Oquendo (122 ha), con el objetivo de mejorar

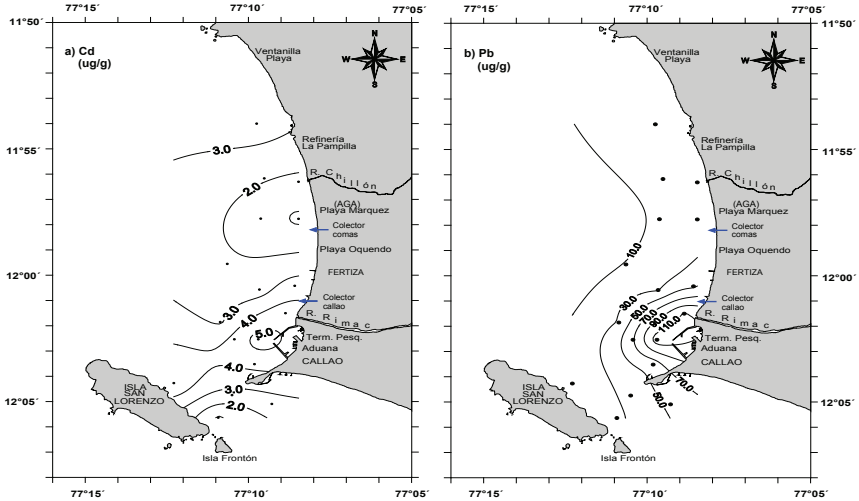


Figura 23- Distribución de (a) cadmio y (b) plomo. Sedimentos superficiales. Bahía del Callao. Marzo 2002

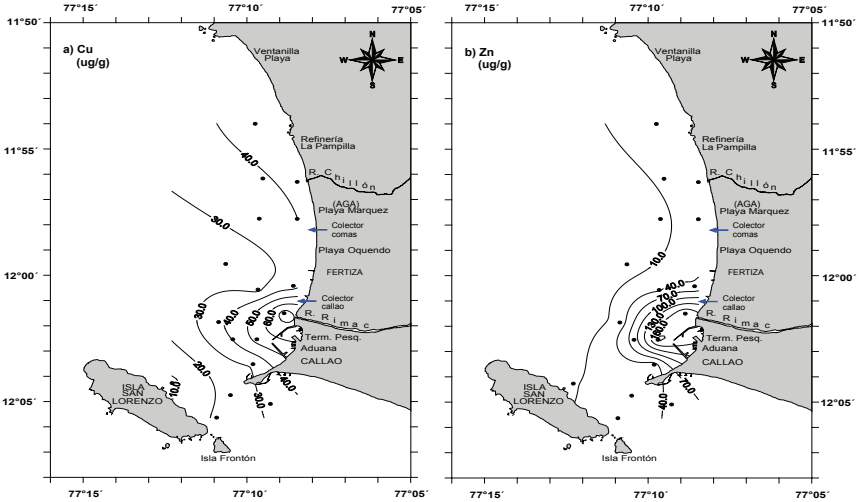


Figura 24.- Distribución de (a) cobre y (b) cinc. Sedimentos superficiales. Bahía del Callao. Marzo 2002.

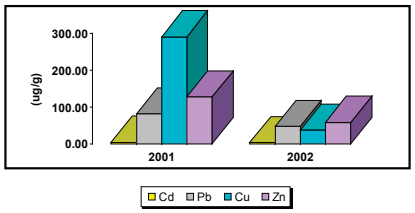


Figura.25.- Concentración promedio de metales pesados en sedimentos de la bahía del Callao. 2001 y 2002.

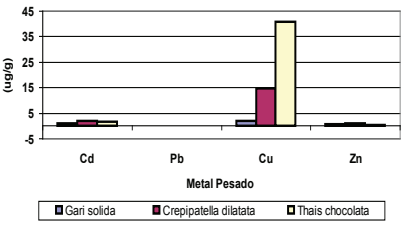


Figura.26.- Concentración promedio de metales pesados en moluscos de la bahía del Callao. Marzo 2002.

la calidad del agua de irrigación utilizada en esta zona agrícola del Callao mediante el tratamiento de agua de irrigación de humedales artificiales y la educación de los agricultores y de los constructores de las áreas húmedas artificiales.

En esta zona se realiza una intensa actividad portuaria, además de actividad pesquera industrial y artesanal, por lo cual existen hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD), aceites y grasas. En esta oportunidad no se evaluaron los hidrocarburos de petróleo, pero sí los aceites y grasas, en áreas donde se presume por la influencia de actividades que puedan originar este tipo de contaminante.

En la Zona Sur que abarca Chuchito y La Punta hasta la Mar Brava, la actividad es de tipo doméstica, comercial, pesquera artesanal, pesquera deportiva y de recreación (baños) en época de verano. Generalmente es la zona de mejor calidad de agua de mar.

En el presente estudio, fines del verano 2002, las condiciones fueron algo mayores a las registradas por Orozco (1999) a inicios de otoño, en pleno desarrollo de El Niño 1997-98, pero sí difieren de las condiciones registradas en el invierno (Cabello et al. 1999).

La Baja Salinidad encontrada en la zona central de la bahía del Callao, entre los ríos Chillón y Rímac, estuvo influenciada por las descargas de estos ríos. Los valores fueron similares a los de agosto 1999, aunque en invierno fue mayor debido a la disminución del caudal.

El Oxígeno Disuelto a nivel superficial, tanto por mar como por playa, tuvo altos valores. Esta situación se relaciona a la ocurrencia de máreas rojas con alta producción de oxígeno. Las hipoxias (<1,0 mL/L) se presentaron por la materia orgánica que descargan los ríos y por los efluentes domésticos e industriales en la zona.

Los Nutrientes, fosfatos, silicatos y nitratos, han presentado incrementos, comparada con los resultados de 1997 (Orozco 1999), cuya su variación estuvo sujeta a El Niño 1997-98; y en el 2002 se recibieron nutrientes terrígenos.

Los Sulfuros, que tienen una relación inversa con la concentración de oxígeno en el agua de mar, se presentaron bajos (<1,0 ug-at H_2S-S/L). Los mayores valores se regisrtraron frente terminal portuario del Callao, con tendencia de distribución similar a las de agosto 2000 y 2001, es decir, que los valores disminuyen a mayor distancia de la costa.

La Contaminación del Mar por Aguas Residuales se manifiesta por indicadores como el DBO_5, cuya mayor concentración se encontró en la zona donde descargan los emisores Comas y Centenario. Otros indicadores son los sólidos suspendidos totales (SST), con valores <20 mg/L a nivel superficial y subsuperficial, en el 41% de las estaciones; por ejemplo, frente a

Márquez (Figura 22), la concentración llegó a 267,31 mg/L. Por playas los resultados también fueron altos, por presencia de basura o sólidos vertidos por emisores y colectores de la zona. Estos valores superan la normativa de la Ley General de Aguas en las clases IV, V y VI.

Los Aceites y Grasas tuvieron su mayor concentración en zonas donde se ubica el fondeadero de embarcaciones pesqueras industriales, frente al terminal portuario del Callao y al norte de la refinería La Pampilla. Su distribución sigue la orientación suroeste de la circulación del agua de mar, dirigiéndose hacia el sur de la isla San Lorenzo, diferente a lo hallado en agosto 2000.

La Contaminación Fecal en la zona entre Ventanilla y Fertiza fue similar a la registrada en el 2001 (Jacinto et al. datos no publicados), pero mayor a la de agosto 1999 (Cabello et al. 2000) y de agosto 2000 (Guzmán et al. 2001).

La evaluación de Trazas de Metales en Sedimentos se realiza desde 1994 (Guzmán 1994). Debe referirse a la intensa actividad minera andina de los valles Chillón y Rímac, sumada a la múltiple actividad industrial que utiliza compuestos químicos, cuyas aguas residuales se descargan directamente y sin mayor tratamiento a dichos ríos, o indirectamente al mar.

El promedio de Cadmio obtenido en este trabajo ha sido 3,34 ug/g. En el verano 1995 fue 3,36 ug/g; en junio 1997, 5,50 ug/g y en agosto 2000, 5,63 ug/g..

Las mayores concentraciones de Plomo total (120,25 ug/g) fueron menores a lo detectado por Guzmán en marzo 1994 (293,80 ug/g) y en agosto 2001 (344,22 ug/g).

El máximo nivel de Cobre (74,77 ug/g), fue menor al de marzo 1994 (255,43 ug/g). Las mayores cifras se localizaron frente al río Rímac, con datos similares a los datos 1994 y 1997 de los ríos Chillón y el Rímac.

Cabe señalar que el nivel de cadmio, plomo y cobre está directamente relacionado a los valores de materia orgánica y al tipo de textura del sedimento, principalmente de grano fino en combinaciones de arcilla y limos (Velazco 1999)

Asimismo, las concentraciones en trazas de cadmio, plomo, cobre y cinc, en el tejido corporal de los organismos marinos analizados, fueron bajos en relación a lo establecido como máximo en el Reglamento de la Comisión Europea 211/2002 y por lo establecido como valor máximo en la India (FAO 1983). Los resultados para *Crepipatella dilatata* y *Thais chocolata* presentaron valores ligeramente por encima de lo permisible señalado por FAO (1983). En este sentido, en los moluscos analizados, no se ha hallado evidencias de bioacumulación de trazas de metales, que pongan en riesgo o impacten negativamente su ciclo de vida.

CONCLUSIONES

1.- Las condiciones de saneamiento y protección de los ecosistemas marino-costeros, continúan similares a la situación existente en la década de los años ochenta, cuando se iniciaron los monitoreos en forma puntual.

2.- Los parámetros ambientales, como temperatura, estuvieron dentro de lo esperado para la época estival; sin embargo, las temperaturas más altas se hallaron fuera de la línea costera.

3.- En la salinidad marina se evidenció la influencia de las descargas de los ríos Rímac y Chillón, además de los emisores Comas y Callao, principalmente.

4.- No se detectó anoxia a nivel superficial, pero si una hipoxia severa en varias de las áreas evaluadas, principalmente frente a la isla San Lorenzo, probablemente por influencia de la convergencia de flujos que se presentaron en la zona.

5.- Se apreció el comportamiento característico en la zona comprendida entre La Punta y la isla San Lorenzo, por convergencia de dos masas de agua procedentes de las bahías Callao y Miraflores.

6.- Los elevados valores de coliformes termotolerantes y DBO_5 en la zona comprendida entre Ventanilla y Fertiza, indican una contaminación de tipo crónica, con valores que superan ampliamente los límites máximos permisibles establecidos en la LGA para las clases IV, V y VI.

7.- En la presente evaluación, marzo 2002, los valores registrados han sido más elevados que los de setiembre 2001.

8.- La mayor concentración de cadmio, plomo y cinc en sedimentos, se detectó en la estación 13, dentro de la zona portuaria y de la zona industrial del Callao. En el caso del cobre, la concentración más alta de los sedimentos proviene del río Rímac.

9.- Las mayores concentraciones de cobre se detectaron en los moluscos pique o señorita y en caracol negro, superando la concentración máxima permisible de 10 mg/g (FAO 1983).

10.- No se detectó bioacumulación en trazas de metales de cadmio, cinc y plomo en tejido blando de almeja, pique o señorita y caracol negro a niveles de riesgo para el desarrollo óptimo de estas especies, o que ponga en riesgo el ecosistema marino o la salud humana.

Agradecimientos.- Se deja constancia de agradecimiento al Blgo. Edgardo Enríquez por el apoyo en la confección de gráficos e igualmente a la Srta. Ana Villegas en la confección de tablas y figuras.

Tabla 1.- Variables físicas y químicas en áreas seleccionadas. Bahía del Callao. 19 - 20 marzo 2002.

Est.	Posición		Prof.	Nivel	Temp.	Sal.	Circ. Marina		Fosfatos	Silicatos	Nitratos	Nitritos
	Lat. S.	Long. W.	(m)	(m)	(ºC)	(ups)	Dir.	V. (cm/s)	(ug-at/L)	(ug-at/L)	(ug-at/L)	(ug-at/L)
1	12°05'05.5"	77°09'17.1"	12	0	25,6	34,713	240°	8	1,53	6,99	4,77	0,25
				11	21,6	34,908	190°	7	3,35	11,26	5,30	2,05
2	12°05'38.0"	77°10'55.6"	12.5	0	21,4	34,189	120°	13	2,77	11,99	9,18	1,32
				12	19,5	34,907	110°	9	2,39	8,44	8,75	1,59
3	12°04'16.0"	77°12'17.3"	13	0	21,3	32,153	185°	12	2,82	15,25	8,18	1,48
				12	19,1	34,837	230°	10	2,44	11,08	9,87	2,13
4	12°04'44.6"	77°10'30.3"	5	0	23,5	33,756	10°	7	2,63	5,54	6,25	0,96
				4	21,2	34,549	350°	5	3,59	5,08	8,83	1,42
5	12°03'31.0"	77°09'49.0"	8	0	21,4	33,686	180°	10	1,58	7,35	5,93	0,73
				7	19,8	34,836	190°	6	3,73	12,35	5,60	1,69
8	12°00'25.0"	77°08'35.0"	7	0	21,9	33,488	10°	9	6,79	14,35	9,39	1,86
				6	19,3	34,889	190°	5	3,78	10,81	7,16	2,49
9	12°00'33.9"	77°09'39.9"	9.5	0	22,7	32,509	10°	13	4,11	13,89	10,92	1,50
				9	19,7	34,892	350°	9	2,01	6,17	11,14	1,78
10	12º01'51.0"	77°10'52.0"	24	0	21,5	27,897	220°	10	2,63	34,87	8,54	1,38
				23	19,8	34,726	200°	8	2,15	6,36	7,90	1,23
12	12°01'30.0"	77°08'52.0"	7	0	21,0	27,917	5°	9	4,49	38,50	6,99	1,53
				6	19,7	34,917	350°	6	3,20	8,72	4,86	2,70
13	12°02'32.0"	77°09'42.0"	9.5	0	21,8	31,587	20°	11	2,44	16,89	7,91	1,40
				9	20,5	34,757	40°	7	3,01	9,62	7,51	1,44
15	12°02'32.0"	77°10'26.0"	16	0	21,6	32,687	210°	12	3,06	14,07	6,75	1,38
				15	20,2	34,847	190°	8	3,44	5,90	7,49	1,38
17	11°54'00.0"	77°09'45.0"	16	0	22,3	33,005	120°	15	2,63	6,90	6,61	1,02
				15	19,3	34,924	180°	10	2,29	10,99	9,22	1,82
21	11°56'18.0"	77°08'28.0"	6.5	0	20,8	18,846	10°	10	2,72	78,09	21,02	1,40
				6	19,7	34,494	355°	7	1,86	7,63	13,75	1,63
22	11º57'46.0"	77°08'28.0"	9.5	0	23,1	34,514	90°	10	7,07	27,78	5,64	0,96
				9	19,8	34,562	120°	9	1,86	7,17	9,41	1,65
23	11º57'45.5"	77°09'37.5"	13	0	22,6	31,657	5°	13	3,15	21,07	11,52	1,38
				12	19,4	34,809	340°	10	2,68	14,71	8,74	0,86
24	11º56'10.0"	77°09'31.0"	15.5	0	22,8	31,298	140°	13	1,72	12,71	12,23	1,65
				14	19,5	34,874	240°	9	0,91	12,08	11,77	1,19
D	11°59'33.0"	77°10'39.0"	11	0	22,2	33,638	30°	12	2,06	5,81	8,67	1,21
				10	19,5	34,870	330°	8	2,15	8,63	11,31	1,86

Tabla 2.- Variables de la calidad acuática en áreas seleccionadas.
Bahía Callao. 19 al 20 de marzo 2002

Est.	Oxígeno	pH	SST	Sulfuros	DBO_5	AyG	Coliformes		Streptococos
	(mL/L)		(mg/L)	(ug-at H_2S-S/L)	mg/L	(mg/L)	Totales NMP/100mL	Termo Tolerantes NMP/100ml	Fecales NMP/100mL
1	8,54	8,30	16,80		4,10		$2,3x10^2$	4,0x10	$4,3x10^2$
	0,62	7,66	36,15	0,63					
2	3,36	7,83	4,31		2,17	2,10	$2,3x10^2$	4,0x10	$2,3x10^2$
	0,91	7,71	3,23	0,50					
3	2,97	7,77	10,89		2,13		7,0x10	9,0x10	$2,3 x10^2$
	0,52	7,69	56,68	0,52					
4	4,40	7,93	17,55		2,92		$9,3 x10^2$	9,0x10	$4,3x10^2$
	3,67	7,91	15,20	0,61					
5	4,08	7,89	13,06		2,17	2,57	$2,3x10^2$	$2,3x10^2$	$2,3 x10^2$
	1,27	7,63	49,20	0,82					
8	2,84	7,51	7,52		4,08	1,00	$4,6x10^4$	$4,6x10^4$	$4,6x10^3$
	0,05	7,67	13,47	0,72					
9	3,62	7,77	12,11		3,30	0,22	$2,3 x10^3$	$2,3 x10^3$	$2,3 x10^3$
	1,26	7,71	3,50	0,61					
10	3,20	7,69	12,65		1,07	2,58	$2,3 x10^2$	$2,3x10^2$	$2,3x10^2$
	1,03	7,69	3,75	0,57					
12	1,12	7,41	35,94		4,61	0,50	$2,3x10^6$	$2,1x10^5$	$4,6x10^3$
	0,34	7,54	12,50	0,61					
13	4,17	7,84	15,51		1,41		$4,3 x 10^2$	$2,3 x10^2$	$9,3x10^2$
	1,30	7,66	56,68	1,01					
15	4,82	7,91	16,67		2,18		$9,3 x10^2$	$4,3x10^2$	$2,3x10^4$
	1,65	7,72	44,84	0,51					
17	6,54	7,99	15,42		6,22	2,50	$4,3x10^2$	9,0x10	$9,3x10^2$
	0,42	7,56	17,58	0,70					
21	4,50	7,77	85,98		2,65	0,30	$2,3 x10^6$	$2,1x10^5$	$1,5x10^4$
	1,18	7,64	18,58	0,62					
22	10,34	8,11	267,31		13,10	0,20	$9,3 x10^2$	$1,5x10^2$	$4,3x10^2$
	1,30	7,67	15,20	0,53					
23	5,00	7,86	6,80		9,60		$2,3x10^3$	$4,3x10^2$	7,0x10
	0,80	7,65	28,57	0,58					
24	6,13	8,00	23,11		3,54		$1,5 x10^2$	4,0x10	$7,5x10^2$
	1,24	7,67	16,67	0,60					
D	5,08	7,93	14,28		3,07		$2,1x10^2$	4,0x10	30
	0,89	7,64	13,20	0,57					

Tabla 3.- Parámetros de calidad acuática. Bahía del Callao. 19 - 20 marzo 2002

Est.	Lugar	Oxígeno (mL/L)	pH	Sulfuros ug-atH_2S-S/L	DBO_5 mg/L	SST (mg/L)	A y G (mg/L)	Coliformes Totales NMP/100ml	Termo-tolerantes NMP/100ml	Streptococos Fecales NMP/100ml	Observaciones
A	Ventanilla	5,30	8,03	0,71	6,65	15,94	2,82	$4,3 \times 10^3$	$1,5 \times 10^3$	$4,3 \times 10^3$	Presencia de residuos sólidos (jeringas, plásticos, restos vegetales), caparazones de muy muy. Playa de arena
C	Zona mezcla. Chillón	4,88	7,82	0,76	4,15	24,31	5,94	$2,3 \times 10^5$	$2,3 \times 10^5$	$2,1 \times 10^3$	Restos sólidos, decoloración del mar en una franja de 800m aprox. Playa de canto rodado
C1	Playa Márquez	4,85	7,94	0,97	5,50	41,14	---	$4,3 \times 10^3$	$9,3 \times 10^2$	$4,3 \times 10^2$	Restos de sólidos. Playa de canto rodado
F	Oquendo	5,07	8,15	0,58	13,58	70,00	0,20	$9,3 \times 10^4$	$4,3 \times 10^2$	$4,3 \times 10^3$	Restos de sólidos, abundante basura, decoloración de mar. Playa de arena
G	Zona de mezcla de Fertiza	0,85	ND	3,40	ND	160,00	ND	ND	ND	ND	Restos sólidos, basuras y acequias de la zona del AAHH Acapulco
G1	Zona de mezcla con Emisor Comas	4,70	ND	1,11	45,01	103,89	0,60	$1,5 \times 10^{12}$	$2,3 \times 10^{11}$	$4,6 \times 10^{13}$	Restos de basura y desmonte que ha permitido una altura de 7 msnm, pescadores artesanales en faena de pesca en zona de mezcla
K	Terminal Pesquero	9,02	7,51	1,03	3,66	18,04	0,69	$2,3 \times 10^4$	$2,3 \times 10^4$	$4,3 \times 10^4$	Mar de color verde oscuro, turbiedad, manchas oleosas restos sólidos
M	Mar Brava-Carpayo	3,85	8,08	0,83	3,31	27,45	0,49	$4,3 \times 10^3$	$9,3 \times 10^2$	$2,3 \times 10^4$	Decoloración del agua de mar, restos sólidos. Presencia de aves marinas. Playa canto rodado
O	Coliseo-Arenilla	0,88	8,41	0,83	2,65	20,49	0,60	4 x 10	4 x 10	$2,3 \times 10^2$	Abundante desmonte, restos de basuras
P	Playa Cantolao	0,89	7,67	0,65	2,65	22,44	0,47	4 x 10	4 x 10	9×10^2	Playa de canto rodado, limpia, presencia de bañistas
Q1	100m del colector Centenario o Callao, Zona de mezcla	5,04	ND	0,70	ND	51,98	ND	ND	ND	ND	Abundante desmonte hasta una altura de 40m aprox. Restos de sólidos orgánicos de origen animal y vegetal. Restos de plásticos: botellas, bolsas entre otros

Tabla 4.- Parámetros químicos y microbiológicos de efluentes domésticos e industriales del Callao por líneas de playa. 19 - 20 marzo 2002

	Estación	DBO_5 mg/L	Coliformes Totales NMP/100mL	Coliformes Termotolerantes NMP/100 mL	Streptococos Fecales NMP/100 mL
F	AGA Colector	20,20	$4,3 \times 10^{3}$	$9,3 \times 10^{2}$	$4,3 \times 10^{2}$
G1	Colector Comas	112,10	$2,3 \times 10^{17}$	$2,3 \times 10^{17}$	$9,3 \times 10^{14}$
G	Fertiza Colector	25,80	$2,3 \times 10^{8}$	$2,3 \times 10^{8}$	$9,3 \times 10^{9}$

Tabla 5.- Trazas de metales en sedimentos. Bahía del Callao. 19 - 20 marzo 2002 Referido a muestra liofilizada

Estación	Fondo (m)	Cd (ug/g)*	Pb (ug/g)*	Cu (ug/g)*	Zn (ug/g)*
2	12,5	0,86	26,07	21,58	23,28
3	13,0	4,98	12,00	7,72	8,94
5	8,0	4,27	57,80	30,90	26,24
8	7,0	3,49	47,10	35,81	46,28
9	9,5	2,51	28,69	27,37	35,91
10	24,0	2,87	31,98	38,57	20,81
12	7,0	4,60	111,90	74,77	185,96
13	9,5	5,47	120,25	53,16	197,16
17	16,0	3,57	22,20	43,99	22,90
22	9,5	0,81	17,75	39,96	18,97
Promedio	11,3	3,34	47,57	37,38	58,65
Mínimo	7,0	0,81	12,00	7,72	8,94
Máximo	24,0	5,47	120,25	74,77	197,16

* Referido a muestra liofilizada

Tabla 6.- Metales pesados en el cuerpo eviscerado de moluscos. Bahía del Callao. 19 - 20 marzo 2002 Referido a muestra liofilizada

Nombre común	Nombre Científico	N° Ejs.	Long, Rango (mm)	Cd (ug/g)*	Pb (ug/g)*	Cu (ug/g)*	Zn (ug/g)*
Almeja	*Gari solida*	5	48,7-76,0	0,96	n,d	1,96	0,6
Pique o Señorita	*Crepipatella dilatata*	24	20,7-40,2	2,04	n,d	14,85	0,9
Caracol Negro	*Thais chocolata*	9	51,0-67,0	1,74	0,14	40,94	0,31

* Referido a muestra liofilizada

REFERENCIAS

American Public Association (APHA), 1992, Methods for examination of water and wastewater, 19th. New York

Ahumada R. 1992. Patrones de distribución espacial del Cr, Ni, Cu, Cd y Pb en sedimentos superficiales de la bahía San Vicente, Chile. Rev. Biol.. Mar., Valparaíso, 27 (2): 265-282

Cabello R, Fierro C, Vásquez L. 2000. Evaluación de la calidad acuática en el área costera del Callao, agosto 1999. Inf. Prog. Inst. Mar Perú 125:24 pp.

Carrit D, Carpenter J. 1996. Comparation and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determinig disolved oxygen in sea water. J. Mar. Res. 24-286-318.

Comisión Permanente del Pacífico Sur. 2000. Estado del medio ambiente marino costero del Pacífico sudeste. Plan de Acción para la protección del medio marino y áreas costeras del Pacífico sudeste.

Conam. 2001. Situación ambiental de la provincial constitucional del Callao. Digag. Partic. 187 pp.

FAO. 1983. Compilation of legal for hazardous substances in fish and fisher products. October, 1983.

Grassoff, K, 1976. Methods of seawater analisis. Verlag CEIME. New York.

Guillén O. 1981. Fuentes, niveles y efectos de la contaminación marina en el Perú. CPPS, Serie Seminarios y Estudios. 2:51-116.

Gutiérrez E. 1994. Metales pasados en sedimentos de la costa fronteriza Baja California (México). California (EUA). Revista Ciencias Marinas 20(1):105-124.

Guzmán M, Jacinto ME, Castillo S, Vásquez L, Delgado E. 2001. Evaluación de la calidad acuática en el área costera del Callao. Agosto. 2000. Inf. Prog. Inst. Mar Perú 138:27 pp.

Guzmán M. 1994. Trazas de metales en sedimentos superficiales en la bahía de Callao Ventanilla durante 1994. Inf. Prog. Inst. Mar Perú 37(1):01-20 pp.

International Standard. 1983. Water qualility determination of biochemical oxygen demand after day (BO_5D). Dilution and seeding method. ISO 5815. International Standard. 12 pp.

Jacinto ME, Guzmán M, Morón O, Gutiérrez D. 1994. Calidad del medio marino en la bahía del Callao/Ventanilla, junio 1994. CORDE Callao. Inst. Mar Perú. 43 pp.

Orozco R, Castillo S, Fernández E, Fierro C, Morón O, Solís J, Flores G. 1999. Contaminación sobre el ecosistema marino del Callao en abril y setiembre de 1997. Inf. Prog. 103:36 pp.

Sánchez G, Orozco R. 1997. Diagnóstico regional sobre las actividades realizadas en tierra que afectan los ambientes marino, costero y dulceacuícola asociados en el Pacífico Sudeste. CPPS. 55 pp.

Sánchez G, Morón O, Padilla L, Castillo S. 1994. Evaluación microbiológica y aislamiento del *Vibrio cholerae* en aguas de mar y organismos marinos, junio 1994. Informe Interno. IMARPE.

Tello E, Campos M. 2002. Evaluación de la calidad acuática en área costera del Callao. Oceanografía física. Informe interno. IMARPE.

Velazco F. 1999. Caracterización sedimentológica de la bahía del Callao y la zona frente a Ventanilla (11°50S-12°06'S, 77°08'W-77°14'W). VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Libro de Resúmenes ampliados. Tomo II:629-630. Trujillo, Perú.

www.calidadalimentaria.com/boletin/iactualidad/actualidad94.htm. Grupo CAYACEA-Portugal. Norma europea (Reglamento 221/2002)