



ISSN 0378-7702

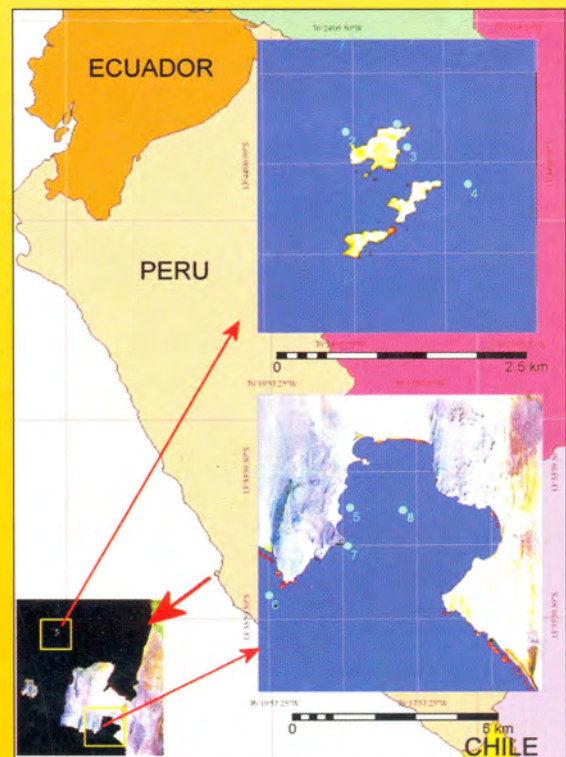
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

# INFORME

Volumen 33

Número 2

## Residuos de contaminantes orgánicos persistentes (COPs) en áreas costeras del mar peruano: Callao y Pisco – Paracas



Unidad de Monitoreo y Gestión Marino Costera  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES EN ACUICULTURA,  
GESTIÓN COSTERA Y AGUAS CONTINENTALES (DIAGCAC)

Abril a Junio 2006

Callao, Perú

## CALIDAD ACUÁTICA Y RESIDUOS DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES (COPs) EN EL ÁREA COSTERA DEL CALLAO, PERÚ. INICIOS DEL VERANO AUSTRAL 2005

### AQUATIC QUALITY AND RESIDUES OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS (POPs) IN THE COASTAL AREA OF CALLAO, PERÚ. BEGINNINGS OF AUSTRAL SUMMER 2005

Rita J. Cabello Torres<sup>1</sup>

Guadalupe Sánchez Rivas<sup>1</sup>

#### RESUMEN

CABELLO RJ, SANCHEZ G. 2006. Calidad acuática y residuos de contaminantes orgánicos persistentes (COPs) en el área costera del Callao. Inicios del verano austral 2005. Inf. Inst. Mar Perú. 33(2): 75-85.- El Instituto del Mar realizó una prospección marina en el área costera del Callao en diciembre 2004, para evaluar los parámetros de calidad acuática y residuos de contaminantes orgánicos, de acuerdo al programa institucional y el Proyecto de Monitoreo y Control de la Contaminación del Pacífico Sudeste y Panamá. Las muestras de moluscos bivalvos (*Semimytilus algosus* y *Argopecten purpuratus*) fueron colectadas entre las islas San Lorenzo y El Frontón. Se emplearon tres guías: a) Protocolo de Monitoreo de Cuerpos Receptores y Efluentes del MIPE/2001 para calidad acuática; b) Métodos Referenciales para Estudios de Contaminación Marina N° 20: UNEP/COI/IAEA 1992, y c) Guidance GPM (UNEP, 2004) para la evaluación de los residuos de COPs. Los parámetros ambientales mostraron un estado de afloramiento costero. La actividad antrópica aportó al medio marino una carga poco significativa de coliformes totales (hasta 150.000 NMP/L) y termotolerantes (hasta 20.000 NMP/L) con una ubicación de tipo focalizado en la línea costera. También se ha registrado una mayor frecuencia del residuo DDT como metabolitos p'p'DDE (<30,0 ng/g), p'p'DDD (<20,0 ng/g), p'p'DDT (<6,0 ng/g) en *Argopecten purpuratus*. A pesar de ello, las concentraciones fueron inferiores a los valores referenciales establecidos en la FDA (<0,3 ppm) (Fuente NOAA: Technical Memorandum OMA, 1990).

PALABRAS CLAVE: residuos orgánicos, COPs, agua marina, organismos marinos, Callao, Perú, verano austral 2005.

#### ABSTRACT

CABELLO RJ, SANCHEZ G. 2006. Aquatic quality and residues of persistent organic pollutants (POPs) in the coastal area of Callao, Perú. Beginnings of Austral summer 2005. Inf. Inst. Mar Peru. 33 (2): 75-85. - The Peruvian Sea Research Institute carried out a prospection in the coastal area of Callao in December 2004, to evaluate the parameters of aquatic quality and residues of organic polluting agents, according to the Institutional Program and the Project of Monitoring and Control of the Contamination of the Southeast Pacific and Panama. Samples of bivalve mollusks (*Semimytilus algosus* and *Argopecten purpuratus*) were collected between the islands San Lorenzo and El Fronton. To study the aquatic quality, the authors used three guidelines; a) Protocol for Monitoring Receptor Bodies and Effluents MIPE/2001 (Peruvian Fishery Ministry 2001), b) Referential Methods for Studies of Marine Contamination N° 20: UNEP/COI/IAEA 1992, and c) Guidance GPM (UNEP 2004) for the evaluation of POPs residues. The environmental parameters showed a state of coastal upwelling. The human activity discharged a little significant load of total coliforms (up to 150.000 NMP/L) and thermotolerants (up to 20.000 NMP/L) focused in the coastal line. Also a greater frequency of DDT residues as metabolites has been registered: p'p' DDE (<30,0 ng/g), p'p' DDD (<20,0 ng/g), p'p' DDT (<6.0 ng/g) in *Argopecten purpuratus*. In spite of it, the concentrations were lower than referential values established in the FDA (<0.3 ppm) (Source NOAA: Technical Memorandum OMA, 1990).

KEYWORDS: organic residues, POPs, sea water, marine organisms, Callao, Peru, Austral summer 2005.

1. Unidad de Monitoreo y Gestión Marino Costera, DIAGCAC, IMARPE.

## INTRODUCCIÓN

La Organización de Estados Americanos (OEA) ha financiado a partir del 2004 el Programa de Monitoreo Regional sobre Contaminantes Orgánicos en el Pacífico Sudeste a cargo del Gobierno de Panamá.

En el Perú, el Instituto del Mar (IMARPE), ente rector de la investigación de residuos contaminantes químicos orgánicos y de la evaluación del ambiente marino costero, participó activamente en este proyecto. Una de las primeras tareas cumplidas, conforme al plan propuesto, ha sido la ejecución de una prospección acuática y de colecta de organismos marinos en el área costera del Callao a fines de diciembre 2004, correspondiente al inicio de la estación de verano austral 2005.



Figura 1.- Panorama Satelital de la Bahía del Callao, Perú. Cortesía: <http://www.callao.org/editorial/islasanlorenzo.htm>

Esta área se seleccionó por acuerdo de los expertos reunidos en el Primer Taller Regional en Panamá (2004) basado en la información referencial del Programa Mussel Watch (1992).

La bahía del Callao es una área costera donde se desarrollan diversas actividades económicas,

como industrial, pesca, agrícola, etc. Por ende, descargan en el cuerpo receptor marino diversos efluentes de tipo doméstico e industrial, además de la descarga de los ríos Rímac y Chillón, en periodos de estiaje. Las islas San Lorenzo y El Frontón, se encuentran frente al distrito de La Punta, al sur de la bahía. Estas islas no reciben actividad urbana directa, pero son influenciadas por la dinámica de las aguas que transportan agentes provenientes de las descargas de la misma bahía y de la Bahía de Miraflores, situada al sur.

El objetivo general de la prospección ha sido evaluar el estado de calidad acuática y la presencia de residuos de compuestos persistentes en el ecosistema marino del Callao, a través de bioindicadores, conforme a lo establecido en el Primer Taller Regional de Expertos OEA-Panamá, 2004.

Los objetivos específicos fueron: 1) Colecta y análisis de los moluscos bivalvos *Semimytilus algosus*, "chorito" y *Argopecten purpuratus*, "concha de abanico", en edad adulta, para la determinación de compuestos organoclorados residuales; 2) Colecta y análisis de agua de mar costera para evaluar las condiciones ambientales en el área del Callao; 3) Aplicar los criterios de control de calidad en el campo con relación a la colecta, limpieza, selección y almacenamiento de los organismos y sedimentos marinos y su posterior transporte al laboratorio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Características del área costera del Callao.-** El área costera del Callao está ubicada en la zona central del litoral peruano, a 14 km del centro de la ciudad de Lima. Se extiende en una amplia bahía protegida por las islas San Lorenzo y El Frontón, y por los islotes Cabinzas y Redondo. Al sur de la bahía se encuentra la desembocadura del río Rímac y al norte la del río Chillón (Figura 1).

La Isla San Lorenzo tiene ocho kilómetros de largo por dos de ancho y un área de 17,6 km. Posee pequeñas playas, cavernas horadadas, abismos y quebradas; está ubicada frente a la línea de playa de La Punta, Callao (12°3.8' - 12°5'S; 77°16' - 77°11'W). Las islas San Lorenzo y El Frontón se caracterizan por presentar fondos de arena gruesa y rocosa (Figura 2).

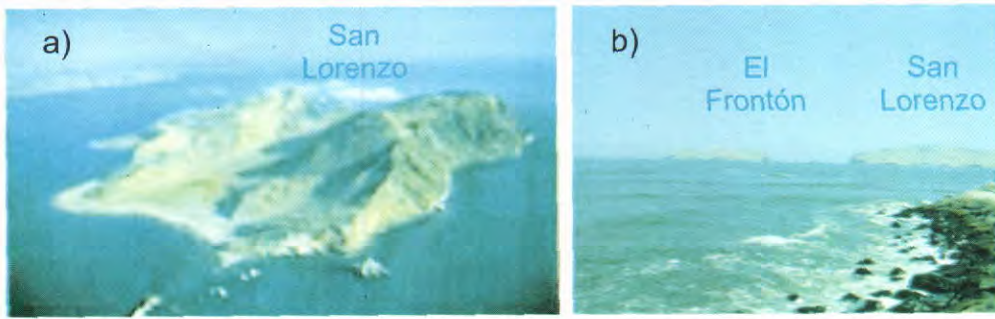


Figura 2.- Islas frente a la Punta en la bahía del Callao: a) San Lorenzo y b) El Frontón y San Lorenzo. Cortesía: <http://www.gmcweb.net/todocallao/islas/17feb2006.jpg>

El Callao es el primer puerto marítimo del país; concentra el 90% del transporte marítimo, con una intensa actividad de transporte y acoderamiento de buques. La principal fuente de ingreso proviene de las actividades del terminal marítimo y la pesca. Es la ciudad más industrializada del país después de Lima. Destacan la industria molinera e importantes fábricas de productos de levaduras, alimentos envasados, fideos, bebidas, postres y chocolates, industrias químicas y de textiles, cuenta además con el Servicio Industrial de la Marina (SIMA) que ejecuta actividades de reparación y mantenimiento de embarcaciones.

En el sector norte se hallan el distrito Ventanilla, la Refinería La Pampilla, y la desembocadura del río Chillón. En el centro se agrupan diferentes industrias químicas y dos importantes colectores domésticos "Comas" y el "Centenario" (o del Callao). La zona sur se inicia con la presencia del río Rímac seguida de la Rada del Callao donde se encuentra el puerto del Callao. Los colectores vierten al mar aproximadamente alrededor de 6,5 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales.

**Actividades.-** a) Preparación de materiales de muestreo; b) Colecta de muestras de agua marina a nivel de superficie y de fondo; c) colecta de organismos bivalvos mediante buceo semiautónomo; d) selección, limpieza y pretratamiento de los organismos en el área de muestreo para su análisis en laboratorio; e) análisis de muestras colectadas.

**Participantes.-** 1) Dra. GUADALUPE SÁNCHEZ RIVAS, Unidad de Monitoreo y Gestión Ambiental (UMGA), Coordinadora del proyecto e Investigadora asociada. 2) Ing. Quím. RITA J. CABELLO TORRES, UMGA, Responsable principal de la investigación. 3) MARTÍN CAMPOS RIVAS, Tco. Físico Oceanográfico. 4) JUAN SANTOS VILLASANTES, Tco. Ope-

ración de Monitoreos. 5) JOSÉ FIESTAS, buzo. 6) JOSÉ DE LA ROSA FIESTAS AMAYA, Patrón de Embarcación. 7) JOSÉ LUIS MONTERO NEGRÓN y HUGO GONZALES, motoristas.

**Prospección.-** La prospección en la bahía del Callao se realizó entre los 11°53' - 12°08'S y 77°15' - 77°05'W. Se efectuaron 15 estaciones por mar para la colecta de agua a nivel de superficie y a 1,0 m del fondo marino. La localización de las estaciones se efectuó mediante un posicionador global GPS.

Se empleó un balde para la colecta de agua superficial y una botella Niskin de 5 L con portatermómetro para la recepción de las muestras en los distintos niveles. Las muestras se preservaron convenientemente y se guardaron en hielo, a excepción de los sulfuros que fueron preservados y guardados en un lugar fresco y oscuro, hasta llegar al laboratorio para su análisis.

Los registros de temperatura se efectuaron con termómetros de superficie y de inversión. Las actividades se efectuaron a bordo de la embarcación IMARPE VIII (Figura 3).



Figura 3.- Embarcaciones del IMARPE, empleadas en las prospecciones marinas.

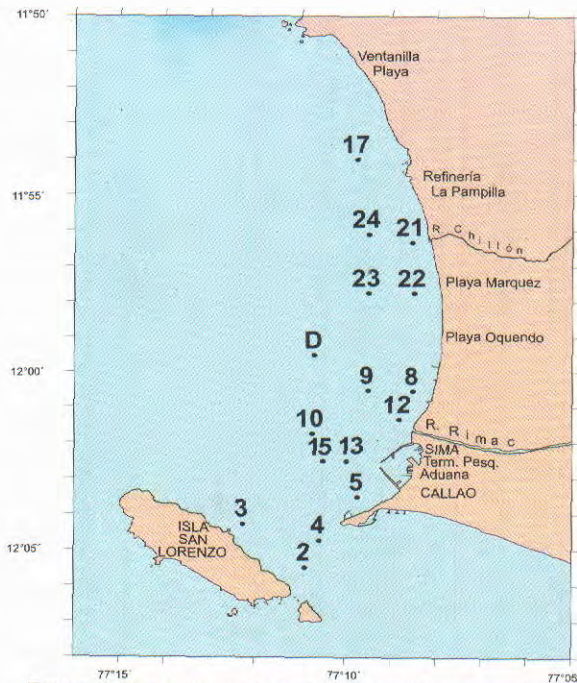


Figura 4.- Carta de posiciones. Colecta de agua marina. Callao, Perú. Diciembre 2004.

La Figura 4 muestra las estaciones de colecta de aguas. Las determinaciones físico-químicas para evaluar la calidad acuática se basaron en los métodos siguientes:

- Método de Winkler modificado de Grasshoff (1999) para la determinación de oxígeno disuelto.
- Método gravimétrico APHA-AWW-WPCF para la determinación de Sólidos Suspendedos Totales. Método 2540D (Standard Methods 1999).
- Método colorimétrico azul de metileno. H.S. Fonselius (1999) para la determinación de sulfuro de hidrógeno (Grasshoff 1999).
- Método potenciométrico por medio del Hanna Hi 9023 C para la determinación de potenciales de iones hidronio (pH).
- Método de Extracción Directa (gravimétrico) para determinar aceites y grasas. Environment Water Resources Service (1976) y Método gravimétrico APHA-AWW-WPCF 5520B (Standard Methods 1999).

La determinación de contaminantes orgánicos persistentes se basó en la aplicación de la guía de Métodos Referenciales para Estudios de



Figura 5.- Carta de posiciones. Colecta de organismos marinos. Callao, Perú. Verano 2005.

Contaminación Marina N° 20: UNEP/COI/IAEA, 1992; y de la guía virtual: [www.chem.unep.ch/gmn/GuidanceGPM.pdf](http://www.chem.unep.ch/gmn/GuidanceGPM.pdf)

Se establecieron dos estaciones para colecta de organismos marinos, en sustratos naturales, utilizando buceo semiautónomo. Los criterios tomados en cuenta para el muestreo de organismos consideraron una posición representativa de bivalvos, los estadios adultos y estaciones de muestreo con influencia de contaminantes, pero lejos de la fuente (Figura 5).

La estación 1 presentó una comunidad de *Semimytilus algosus* (Figura 6) en estado adulto, de 30 a 60 mm de largo. Esta especie fue colectada por ser filtrador-acumulador, de los contaminantes de interés y por su distribución representativa en la zona de estudio, con un contenido de 1,5% de lípidos en relación a su masa corporal.

La estación 2 presentó una comunidad de *Argopecten purpuratus* (Figura 7), con adultos de 70 a 90 mm de longitud y contenido lípido de 1,8% en relación a su masa corporal.

En general, se colectaron organismos que proporcionaron un mínimo de 200 g de tejido corporal húmedo o blando, es decir, sin valvas, suficiente para efectuar los análisis correspondientes. Se limpió la cara externa de las valvas, lavando in situ los individuos con agua de mar; los individuos no fueron abiertos en el campo. Una vez lavados, se seleccionaron los adultos >70 mm de longitud y se envolvieron en papel de aluminio, tratado con solventes; se empacaron en bolsas plásticas y se mantuvieron sobre hielo, llegando vivos al laboratorio. Las muestras fueron rotuladas convenientemente.



Figura 6.- *Semimytilus algosus*, Gould, 1850. Cortesía: <http://www.buceouv.cl/web/invertebrados>



Figura 7.- *Argopecten purpuratus* Lamarck, 1819. Cortesía: <http://bigai.world.coocan.jp/shop/6140/r002838-6.jpg>

Tabla 1. Colecta de matrices marinas indicadoras de contaminación orgánica. Área Costera del Callao - Isla San Lorenzo (20-22 diciembre 2004)

Nombre Científico	<i>Argopecten purpuratus</i>	<i>Semimytilus algosus</i>
Nombre común	Concha de abanico	Chorito
Tamaño= Longitud (mm)	70-90	30-50
Cantidad (g)	200	200
Estación	2	1
Posición	77°11'35" 12°05'06"	77°10'55" 12°06'22"

En el laboratorio, los bivalvos fueron abiertos con espátulas de acero; el tejido blando total, incluyendo el sistema digestivo, fue almacenado y refrigerado a 20 °C para su posterior análisis. En la Tabla 1 se anotan los datos de la colecta.

### Resultados de la evaluación por mar

Resultados de parámetros físico-químicos de calidad acuática (Tabla 2). En el período de diciembre se registraron temperaturas que variaron de 15,5 a 21,0 °C en superficie y de 14,7 a 19,9 °C a 1,0 m del fondo marino, con promedios de 16,9 °C y 15,4 °C en ambos niveles respectivamente.

En general, los resultados indicaron un 25% de valores anóxicos (en el fondo marino) y una fuerte

situación hipóxica >50% de los datos, en relación al estándar mínimo vigente nacional (3,0 mg/L). Esta situación estuvo marcada por un proceso de afloramiento costero (CAMPOS 2004) característico de las aguas del país. En superficie, en el sector norte se desarrolló un pequeño núcleo de mayor valor en el contenido de oxígeno (isolínea de 6,0 mg/L) la cual estuvo asociada a la isolínea de mayor concentración de sólidos en suspensión (25,0 mg/L) constituido en su mayor parte por organismos del fitoplancton, de manera similar a la tendencia creciente en ambos parámetros en el sector sur (Figura 8).

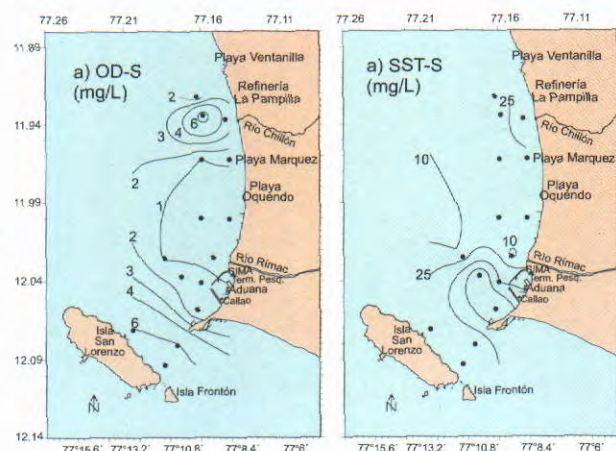


Figura 8.- Distribución espacial en la superficie: a) oxígeno disuelto y b) sólidos suspendidos totales. Área costera del Callao-Ventanilla. 20 y 21 diciembre 2004.

Tabla 2. Resultados analíticos de calidad acuática. Área costera del Callao. 20-21 diciembre 2004.

Estación	Latitud	Longitud	Transparencia (m)	Profundidad (m)	Temperatura °C	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	SST (mg/L)	H2S/S-2 (ug/L)	MOE (mg/L)	DBO5 (mg/L)	Coliformes Totales NMP/100 mL	Coliformes Termotolerantes NMP/100 mL
17	77°09'44,7"	11°55'20,6"	-	0	16,7	1,1	7,58	21,3			2,5	2,4x10 <sup>4</sup>	2,4x10 <sup>5</sup>
				16	14,7	0,0	7,47	296,7	2,1				
21	77°08'38,7"	11°56'12,4"	1,0	0	15,5	3,6	7,58	32,7			2,3	2,4x10 <sup>5</sup>	1,1x10 <sup>4</sup>
				9	14,8	0	7,48	12,7	3,2				
24	77°09'30,8"	11°56'3,7"	1,0	0	16,1	7,1	7,39	20,0			2,3	2,4x10 <sup>3</sup>	2,34x10 <sup>3</sup>
				15	14,9	0	7,6	27,3	3,6				
23	77°09'34,5"	11°57'45,4"	2,0	0	16,5	1,0	7,80	20,7			1,5	nd	nd
				12	14,8	0	7,56	21,3	9,3				
22	77°08'29,9"	11°57'44,7"	2,0	0	16,6	1,3	7,53	22,7		0,5	3,1	2,4x10 <sup>3</sup>	2,4x10 <sup>3</sup>
				9	14,7	0	7,35	18,0	8,9				
8	77°08'30,1"	12°00'1,7"	0,3	0	17,1	0	7,11	21,3		0,6	3,6	2,4x10 <sup>5</sup>	4,6x10 <sup>4</sup>
				6	15,0	0	7,30	14,7	7,5				
9	77°09'35,8"	12°00'0,2"	1,0	0	17,0	0,3	7,33	19,3		0,8	3,6	4,6x10 <sup>4</sup>	2,4x10 <sup>4</sup>
				8	15,0	0,1	7,41	13,3	2,0				
10	77°11'0,6"	12°01'31,6"	2,0	0	16,7	0,9	7,68	12,7		0,1	10,0	4,6x10 <sup>3</sup>	9,3x10 <sup>2</sup>
				25	14,9	0,4	7,64	20,0					
12	77°09'07,4"	12°01'30"	0,5	0	15,8	0,6	7,73	7,3		0,4	2,1	4,0x10	< 30
				3	14,8		7,94	20,0	8,4				
15	77°10'21,4"	12°02'13,5"	3,0	0	15,5	1,6	7,65	102,7		0,5	0,8	9,3x10 <sup>2</sup>	2,3x10 <sup>2</sup>
				14	14,7	0,7	7,73	18,7	1,4				
13	77°09'35,6"	12°02'27,9"	0,7	0	16,0	1,5	7,61	50,0		0,7	2,1	9,3x10 <sup>2</sup>	2,3x10 <sup>2</sup>
				6	14,9	0,2	7,67	37,3	21,8				
5	77°09'44,5"	12°03'30"	2,0	0	15,7	0,9	7,72	10,3		0,4	0,9	2,4x10 <sup>5</sup>	1,1x10 <sup>4</sup>
				9	15,0	0,7			2,0				
3	77°12'15,6"	12°04'16,1"	1,0	0	19,8	6,1	7,75	24,0			1,9	nd	nd
				12	17,0	0,8	7,68	21,3	11,4				
2	77°11'0,8"	12°05'36,7"	2,0	0		7,6	7,79	51,3			3,0	nd	nd
				10		2,1	7,72	8,7	1,2				
4	77°10'31,1"	12°04'51,1"	1,0	0	21,0	6,2	7,85	26,0					
				4	19,9	2,3	7,72	24,0	1,5				
Superficie			Promedio		16,9	2,7	7,61	35,7		0,5	2,83	-	-
			Mínimo		15,5	0,0	7,11	7,30		0,1	0,80	-	-
			Máximo		21,0	7,6	7,85	103,3		0,8	10,04	-	-
Fondo			Promedio		15,4	0,5	7,59	39,6	6,0			-	-
			Mínimo		14,7	0,0	7,30	8,7	1,2			-	-
			Máximo		19,9	2,3	7,94	296,7	21,8			-	-

nd = no detectado

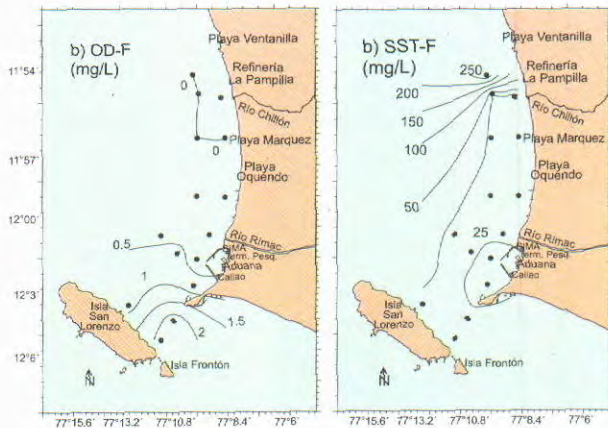


Figura 9.- Distribución espacial en el fondo: a) oxígeno disuelto y b) sólidos suspendidos totales. Área costera del Callao-Ventanilla. 20 y 21 diciembre 2004.

De otro lado, en el fondo se desarrollaron focos de alto contenido de **sólidos suspendidos de naturaleza biodegradable** en el que se incluyeron detritus y descargas de colectores domésticos, que han acelerado el consumo total del oxígeno disuelto en un fondo somero (<25 m) (Figura 9).

Las mayores concentraciones de **material orgánico extractable en hexano (MOE)**, se han distribuido en el sector de la rada interior, donde se encuentra el principal puerto del país (Puerto El Callao) y por ende donde acoderan las distintas embarcaciones; y también se ha hallado otro núcleo frente a la zona central entre los ríos Rimac y Chillón, donde además se encuentra localizado el sector industrial y los colectores dominantes de la zona (Figura 10). Debido a esta situación se observa en la Figura 10b, un núcleo de mayores concentraciones de sulfuros de Hidrógeno ( $H_2S$ ) que alcanzan los 22 ug-at/L (aproximadamente 0,7 mg/L), valor similar a los hallados en ciertas áreas costeras (Pisco y Chimbote 1994) donde se desarrollan intensas actividades industriales pesque-

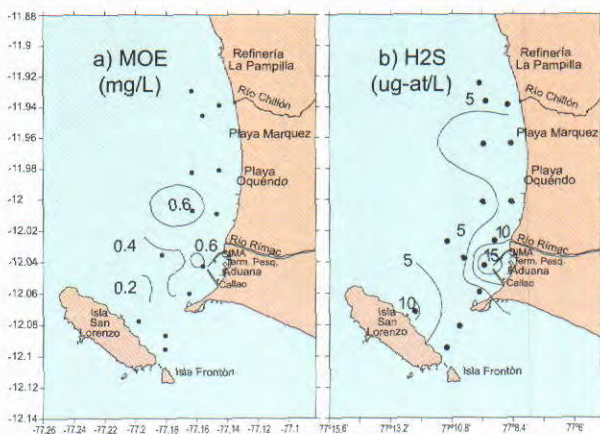


Figura 10.- Distribución espacial de a) MOE y b) Sólidos sulfuro de hidrógeno. Bahía del Callao, diciembre 2004.

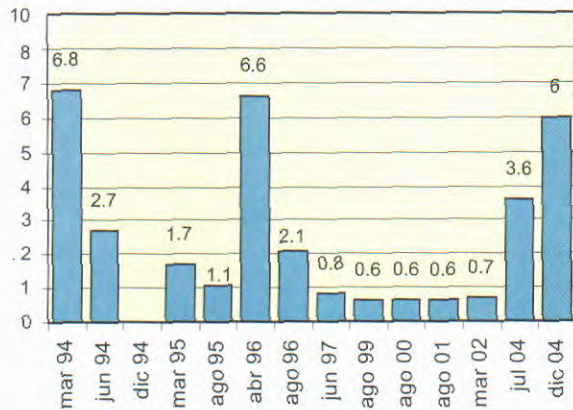


Figura 11. Variabilidad estacional de sulfuro de hidrógeno en el fondo marino, valores promedio (mg/L). Área costera del Callao 1994-2004.

ras, cuyas descargas han originado concentraciones de 20 a 30 ug-at/L (aproximadamente: 1 mg/L).

Como se aprecia en la Figura 11, la tendencia en el tiempo ha registrado ciertos periodos con valores similares a los hallados en diciembre 2004. En general, el contenido promedio de sulfuro de Hidrógeno en la bahía no ha superado los 7 ug/L; sin embargo, este valor es mayor al estándar de calidad acuática vigente (0.002 mg/L ó 2 mg/m<sup>3</sup>).

Es importante destacar que también el sector sur es influenciado por las **descargas domésticas circundantes**, transportadas por la circulación marina y de los vientos predominantes. La configuración geomorfológica entre La Punta - Isla San Lorenzo - Isla El Frontón actúa como una muralla que favorece una mayor permanencia de las aguas en este sector, favoreciendo la formación de sulfuro de hidrógeno en el fondo marino y una merma del oxígeno disponible. El promedio obtenido en superficie (2,7 mg/L) como en el fondo marino (0,5 mg/L) son valores reiterativos en las aguas costeras del Callao (Figura 12).

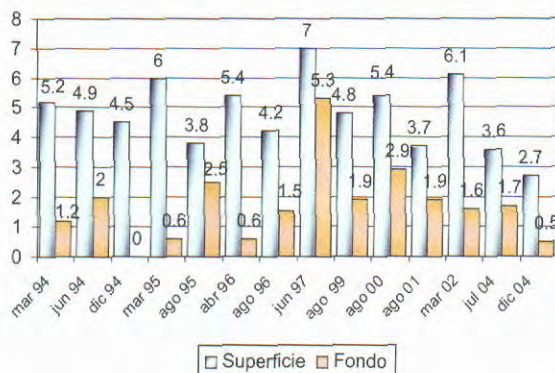


Figura 12.- Variabilidad estacional de oxígeno disuelto, valores promedio (mg/L). Área costera del Callao 1994-2004.



La Figura 13 muestra la tendencia temporal experimentada por el contenido de **material orgánico extractable en hexano**, registrado en la bahía desde 1995. Esta tendencia señala un ingreso de tipo permanente en el tiempo, como se observa se han registrado concentraciones promedio cercanas a los 3,0 mg/L cuya naturaleza incluye material petrolígeno o derivados del mismo.

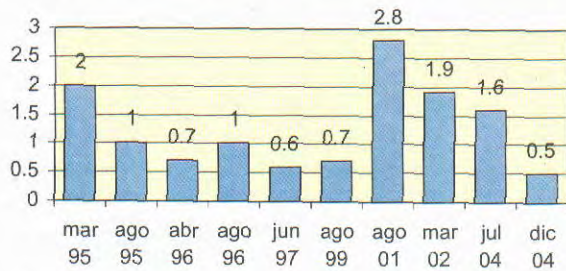


Figura 13. Variabilidad estacional del material orgánico extractable en Hexano, valores promedio (mg/L). Área costera del Callao 1994-2004.

Los **coliformes totales (CT)** presentaron valores de hasta 150.000 NMP/L y los **termotolerantes (CTT)**, 20.000 NMP/L. Como se observa en la distribución espacial, la Figura 14 señala el extremo sur entre el río Rímac y los colectores domésticos "Centenario", "Sarita Colonia" y "Comas" con aportes importantes de caudales promedio de 2,9 m<sup>3</sup>/s en el caso de los colectores.

La **demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)** (método de los 5 días), desplegó una distribución simi-

lar a la desarrollada por los coliformes y el material orgánico extractable con tendencias decrecientes conforme se alejan de la línea de costa. Los mayores valores se localizaron frente a los colectores y el río Rímac. Esta distribución explica la tendencia creciente de los sulfuros en el fondo marino que recibe la carga orgánica que sedimenta y consume el oxígeno disponible (Figura 15).

El **afloramiento costero** es un proceso natural que transporta y eleva los nutrientes del fondo hacia la superficie, para enriquecer el ciclo de la vida en el mar. En esta oportunidad, ha ocurrido en un medio que ha mantenido una carga orgánica proveniente de las fuentes terrestres del sector norte (río Chillón), centro (colectores domésticos) y del sur (río Rímac - Rada del Callao). A pesar de que la **principal dirección de la circulación y vientos es de sur a norte**, éstos pueden cambiar de dirección (vientos norte) ocasionando la mezcla y transporte de contaminantes de diversa índole en toda la bahía, incluyendo las islas e islotes que la rodean, donde no se desarrolla actividad humana en forma directa. La presencia de material orgánico extractable no necesariamente describe material biodegradable, pues el concepto se extiende además hacia residuos de tipo más persistente como son los hidrocarburos del petróleo, organoclorados que pueden ser absorbidos en los sedimentos especialmente limosos, fangosos y, por ende, en la biota existente.

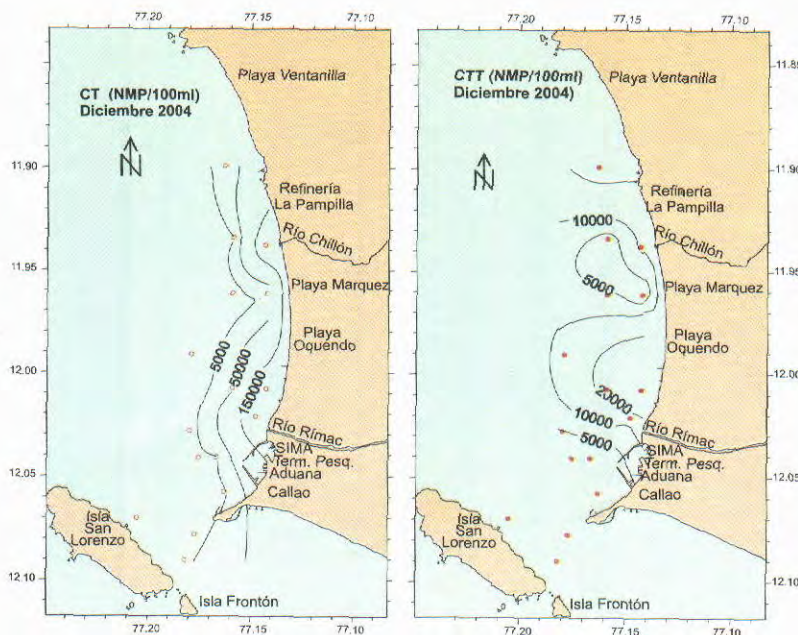


Figura 14.- Distribución espacial de a) Coliformes totales y b) Coliformes termotolerantes. Callao, diciembre 2004.

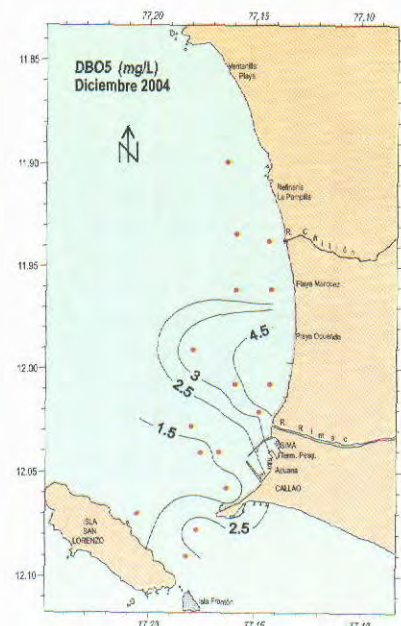


Figura 15.- Distribución espacial de DBO5. Área costera del Callao, diciembre 2004.

## Residuos organoclorados

**Tratamiento y análisis instrumental.**- Se consideró un blanco y un duplicado de campo para efectos de control de la contaminación. Las muestras fueron liofilizadas (secadas al vacío y bajas temperaturas) y se pesaron aproximadamente 2,0 g para su tratamiento. Antes de su extracción, se les adicionó estándares subrogados (PCB 29, eps. HCH, endosulfán Id4) para el control de calidad correspondiente. Adicionalmente se incluyó un blanco de reactivos para medir el aporte químico, por parte de los reactivos y limpieza de materiales; y se le añadió también material de referencia IAEA 435. El tratamiento preliminar de las muestras se hizo mediante un proceso de extracción de los componentes usando el diclorometano en un sistema soxhlet durante 24 horas.

Se determinó el Material Orgánico Extractable (MOE) a partir de un extracto de 10 mL. El fraccionamiento se efectuó con uso de adsorbentes: sílica y alúmina pretratadas.

La separación cromatográfica se realizó con solventes: hexano (fracción alifáticos) y una mezcla Hexano/diclorometano (50:50) para la obtención de compuestos organoclorados y aromáticos de petróleo, según la técnica del grupo GERG.

Se empleó el método de cuantificación de la Agencia Internacional de Energía Atómica (EIEA, Mónaco) con estándares de plaguicidas organoclorados.

El análisis instrumental de las muestras se realizó en el equipo Cromatógrafo de Gases 5890 Serie II con detector de captura electrónica.

### Condiciones cromatográficas

Tipo de inyector: Split/Splittles  
 Temperatura: 275 °C  
 Volume inyectado: 1-2 µL  
 Splitter closing time: 0,5 min  
 Carrier gas: He UHP  
 Flow: 1.5 cm<sup>3</sup>/min  
 Condiciones de la columna:  
 Fase estacionaria  
 Longitud: 30 m  
 Diámetro interno: 0,32 m  
 Espesor del film: 0,25 µm  
 Condiciones de detector:  
 Detector: ECD  
 Temperatura: 320 °C  
 Make up: N<sub>2</sub> UHP

Make up gas (flujo): 60 ml/min  
 Temperatura del horno:  
 Inicial: 100 °C for 1 min  
 1er rate: 5 °C/min to 140 °C  
 Isoterma: 1 min  
 2do rate: 1.5 °C/min to 250 °C  
 Isoterma: 1 min  
 3er rate: 10 °C/min to 300 °C  
 Isoterma: 5 min

Record/integrator type: Se emplea el software ChemStation 3398

La Tabla 3 y la Figura 16 muestran las concentraciones detectadas en los residuos evaluados.

Tabla 3. Residuos de Contaminantes Orgánicos Persistentes (ng/g) en Organismos Marinos. Área costera del Callao, diciembre 2004.

Organoclorado	<i>Semimytilus algosus</i>	<i>Argopecten purpuratus</i>
p'p' DDE	6,5	28,8
p'p' DDD	12,0	17,1
p'p' DDT	nd	5,8
Lindano	nd	4,6
HCB	nd	nd
Aldrin	nd	nd
Endrin	nd	nd
Dieldrin	nd	nd

nd = no detectado

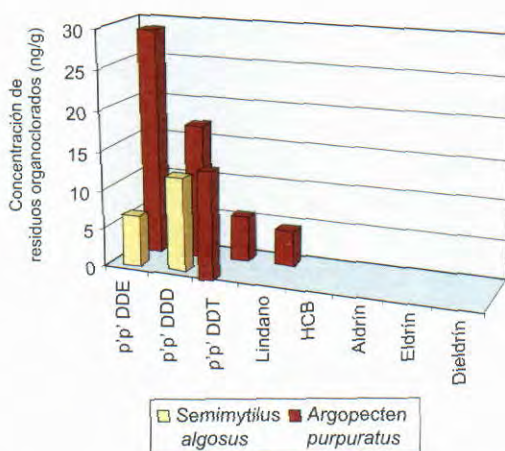


Figura 16.- Residuos organoclorados en organismos marinos. Callao, diciembre 2004.

**El Dicloro-difenil-tricloroetano (C<sub>12</sub>H<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CH(CCl<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**, conocido como DDT es un compuesto químico organoclorado creado por síntesis y empleado como activo principal de productos insecticidas (Figura 17), es incoloro y cristalino, muy soluble en las grasas y en disolventes orgánicos pero casi insoluble en agua. Este agroquímico potente fue empleado en todo el mundo

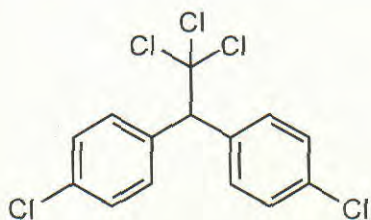


Figura 17.- El Dicloro-difenil-tricloroetano (C<sub>12</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>5</sub>)

y prohibido en 1972, por la Agencia de Protección Medioambiental (EPA/USA) y en 1990 el gobierno del Perú prohibió su uso para tales fines. También se usó en la lucha contra el mosquito vector de la malaria; en la actualidad ha sido suplido por otros métodos pero, por su naturaleza persistente, todavía sus residuos son hallados en diversas matrices ambientales. El DDT técnico se constituye de metabolitos DDT, DDD y DDE. Desde el punto de vista químico el DDT es un compuesto muy estable, que se metaboliza casi completamente en otras formas como el p'p'DDE y como p'p'DDD.

En el presente análisis, en la concha de abanico, *Argopecten purpuratus*, se ha registrado un contenido ligeramente mayor que en el chorito, *Semimytilus algosus*, siendo el componente principal el p'p'DDE (28.8 ng/g) que es la forma más común de DDT (Figura 16). En agosto 1995 se registró en la misma especie la presencia de p'p'DDD en concentraciones menores (2,4 ng/g).

El **dicloro-difenil-dicloroetileno (p'p'DDE)** se caracteriza por presentar una alta afinidad por los lípidos de los organismos, por lo cual mantiene un estado persistente en el ambiente y facilita su entrada a la cadena alimenticia.

El **dicloro-difenil-dicloroetano (p'p'DDD)** también tiene afinidad por el tejido adiposo. Se empleó para controlar plagas, pero con menos intensidad que el DDT.

La FDA (Food and Drug Administration of USA) mantiene un límite de acción del DDT en alimentos marinos procesados y para la vida acuática en un rango de 0,05 a 5,0 ppm\*, lo cual significa que

\* Nota: 1 ppm = 1 mg/kg = 10<sup>3</sup> ng/g = 1000 ng/g  
(Fuente: Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 15<sup>th</sup> Edition, 1980). Entonces la equivalencia será:  
0,05 ppm = 0,05 x 10<sup>3</sup> ng/g = 50,00 ng/g  
5,00 ppm = 5 x 10<sup>3</sup> ng/g = 5000 ng/g

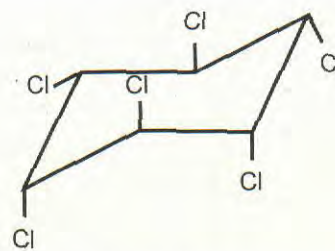


Figura 18.- El Lindano

las concentraciones registradas en los metabolitos analizados p'p'DDT- p'p'DDE y p'p'DDD son poco significativos en relación a estándares internacionales.

El **Lindano** (Figura 18) es uno de los cinco isómeros del hexaclorociclohexano (HCH), concretamente el isómero gamma ( $\gamma$ -HCH). Este derivado ha sido utilizado como agroquímico, pero también se le ha dado usos en veterinaria y en salud humana (pediculosis), por lo que ha mantenido un amplio espectro y facilidades para su bioacumulación.

El  $\gamma$ -HCH ambiental se degrada casi exclusivamente mediante bacterias anaerobias. Por lo tanto, en lugares de condiciones aerobias o de pocas bacterias anaerobias, el HCH puede permanecer muchos años en el entorno. El fondo del área costera del Callao presenta niveles de oxígeno en concentraciones hipóxicas promedio de 2,0 mg/L, con estados anóxicos en menor proporción, lo cual no facilita una mayor degradación en el sistema acuático.

El valor hallado en la "concha de abanico" (4,6 ng/g) ha sido similar a lo registrado en agosto de 1995 en la Isla San Lorenzo (5,27 ng/g).

Los residuos de menor concentración hallados en la especie *Semimytilus algosus* se han asociado a un menor contenido lípido en su estructura corporal.

## CONCLUSIONES

1.- En diciembre 2004 las aguas marino costeras de la bahía del Callao, experimentaron un proceso de afloramiento costero característico, por presentar un bajo contenido de oxígeno disuelto que no se ajustó a los estándares de calidad nacionales vigentes.

2.- En la bahía propiamente, los desagües domésticos descargaron al sistema acuático material particulado y material orgánico de diversa naturaleza (persistentes y degradables). Este material incluyó una carga significativa de coliformes totales, termotolerantes y detritus. Los procesos de remoción de fondo, característicos de los períodos de afloramiento y de divergencias de flujos marinos, favorecieron la formación de núcleos con contenidos significativos de sólidos en suspensión y la formación de sulfuros de hidrógeno en el fondo.

3.- El sector sur de la bahía del Callao, comprendido por las Islas San Lorenzo y el Frontón, es un lugar que contiene una importante comunidad de bivalvos, y allí se han detectado residuos de lindano y metabolitos del DDT, cuyas concentraciones no han sido significativas en relación a estándares de referencia internacional validadas para la vida marina.

4.- La concha de abanico, *Argopecten purpuratus*, ha presentado residuos del DDT y lindano en mayor concentración que el chorito, *Semimytilus algosus*, debido a su mayor contenido lipídico.

## REFERENCIAS

- CAMPOS M. 2004. Evaluación de las aguas marinas costeras del Callao, diciembre 2004. Componente física. Instituto del Mar del Perú. Informe interno.
- PANAMÁ OEA - CPPS. 2004. I Taller de Especialistas sobre Métodos de Muestreo y Criterios de Control de Calidad para Análisis de COPs. Autoridad Marítima de Panamá. Octubre 2004.
- UNESCO - IOC - UNEP NOAA .1994. International Mussel Watch Project. Final Report: 22 pp.
- JACINTO ME, CABELLO R. 1998. Evaluación de los Niveles de Plaguicidas Organoclorados y PCB's en Áreas Costeras seleccionadas del Perú, 1996 - 1997". Seminario Internacional sobre "El Estado del Medio Ambiente Marino y Costero en el Pacífico Sudeste", Guayaquil-Ecuador. Informe inédito. Diciembre. CPPS.
- NOAA. 1990. Technical Memorandum OMA.
- NTP/NIEHS/NIH. 2006. "Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT)". National Institute of Environmental Health Sciences, Report on Carcinogens, 11<sup>th</sup> edition. USA..
- KENNISH MJ, RUPPEL BE. 1996. DDT contamination in selected estuarine and coastal marine finfish and shellfish of New Jersey. Institute of Marine and Coastal Sciences, Rutgers University, 08903 New Brunswick, New Jersey, USA.
- MARTÍNEZ C, JACINTO ME. 1997. Niveles de Plaguicidas Organoclorados y PCB's en el Ecosistema Marino Costero Peruano. Inf. Inst. Mar Perú 126: 46-5
- UNEP. 2004. Guidance for a Global Monitoring Programme for Persistent Organic Pollutants. 1st Edition UNEP Chemical: 105 pp. pdf
- UNESCO. 1996. Use of standards and reference materials in the measurement of chlorinated hydrocarbon residue. Chemistry Workbook. IOC 45.