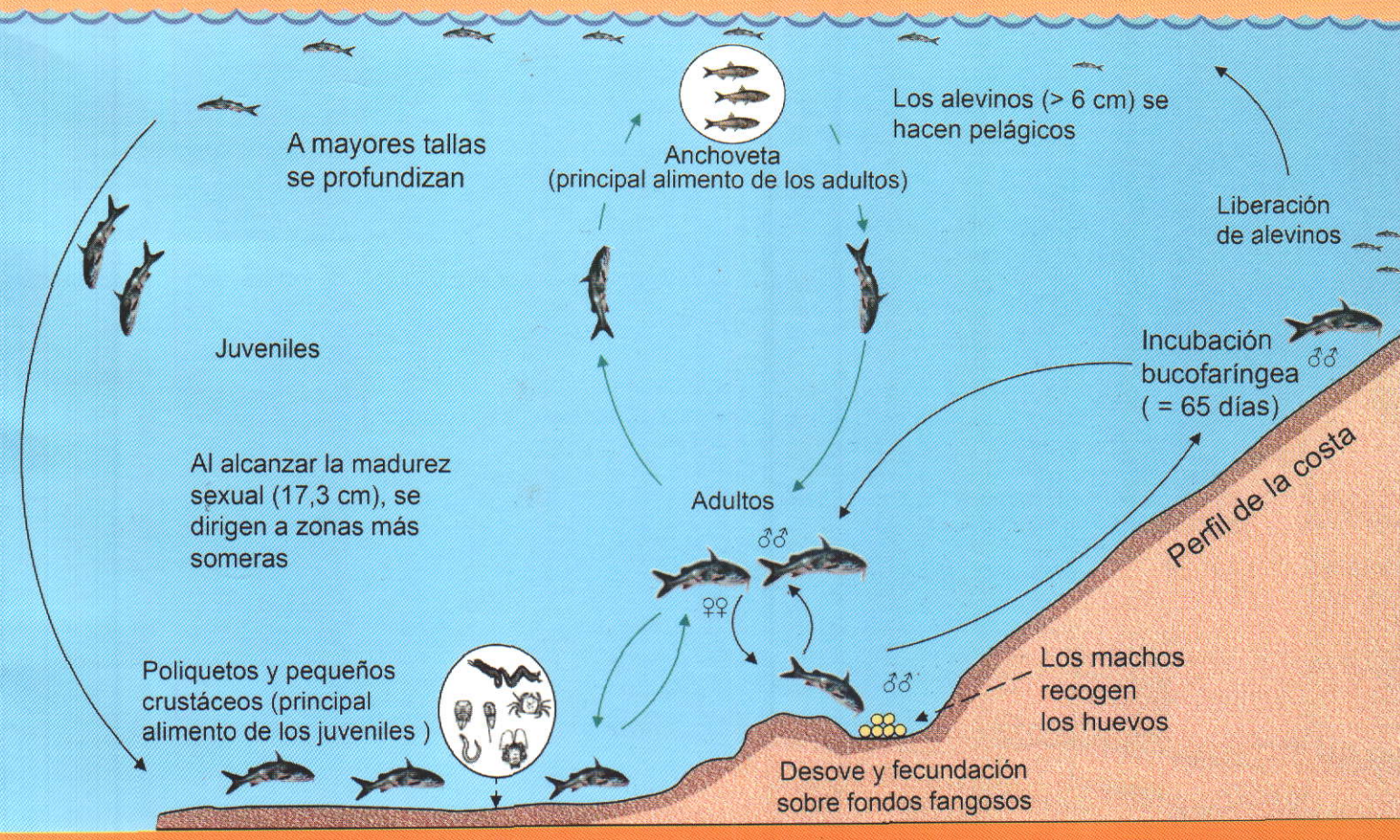
ISSN 0378-7702

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

Volumen 34 Número 4

- Condiciones biooceanográficas frente a Puerto Malabrigo
- Bioecología del bagre *Galeichthys peruvianus*
- Anguila *Ophichthus remiger* en aguas de las islas Lobos de Afuera
- Monitoreo de postlarvas de langostinos en Tumbes



Octubre - Diciembre 2007 Callao, Perú

CONDICIONES BIOOCEANOGRÁFICAS EN EL LITORAL DE PUERTO MALABRIGO, LA LIBERTAD. AÑO 2006

BIO-OCEANOGRAPHIC CONDITIONS OFF PUERTO MALABRIGO, LA LIBERTAD, PERU. YEAR 2006

Javier Castro[1] *Wilmer Carbajal*[1] *Sergio Bances*[1] *Jaime de la Cruz*[1]

RESUMEN

CASTRO J, CARBAJAL W, BANCES S, DE LA CRUZ J. 2007. *Condiciones biooceanográficas en el litoral de Puerto Malabrigo, La Libertad, Perú. Año 2006. Inf. Inst. Mar Perú. 34(4): 309-317.*- Se han efectuado monitoreos ambientales y biológicos mensuales en esta área marina del norte peruano durante el 2006, con el objetivo principal de determinar la variabilidad de los parámetros hidrográficos, nutrientes y fitoplancton durante los períodos de veda y de pesca industrial. La flota industrial, en el 2006, desembarcó 694.051,8 t en los periodos de pesca de anchoveta, marzo - junio y noviembre - diciembre. La media mensual de la temperatura superficial mostró un patrón irregular, con mínimas en abril (16,1 °C) y septiembre ((15,3 °C). En el fondo el valor más alto (17,5 °C) se registró en febrero. La salinidad fluctuó entre 35,046 ups en febrero y 34,991 ups en marzo. El oxígeno disuelto, en superficie, promedió de 4,2 mL/L (agosto) a 1,7 mL/L (noviembre–diciembre); en mayo, noviembre y diciembre se presentaron áreas superficiales anóxicas. Cerca del fondo, el promedio mensual de O2 fue menor que en superficie, con promedio de 0,4 mL/L en marzo y 2,8 mL/L en junio. Los fosfatos, en superficie tuvieron su máxima en marzo (4,30 ug-at/L) y la mínima en abril (1,62 ug-at/L); en el fondo, la máxima (4,80 ug-at/L) se registró en marzo. Los silicatos superficiales en febrero y marzo fluctuaron entre 2,94 a 27,30 ug-at/L; en el fondo, entre 5,76 a 33,70 ug-at/L. Los nitratos, en superficie, en marzo variaron entre 0,01 a 5,45 ug-at/L; en mayo, 0,38 a 14,05 ug-at/L; cerca del fondo en marzo se registró 0,01 a 3,73 ug-at/L; en mayo, 0,07 a 15,86 ug-at/L. Los nitritos, durante el año, se hallaron en concentraciones medias superficiales <2 ug-at/L, pero en el área central de la bahía, fueron >3,2 ug-at/L durante abril. Los volúmenes promedio de plancton fluctuaron entre 0,55 y 2,57 mL.m-3; los mínimos ocurrieron en mayo, marzo y noviembre, coincidiendo con algunos meses de mayores desembarques del año. Las aguas costeras frías (ACF) predominaron durante todo el año, confirmado por la presencia del indicador fitoplanctónico *Protoperidinum obtusum*.

PALABRAS CLAVE: ambiente, desembarques pesqueros, fitoplancton, nutrientes, oxígeno disuelto, Puerto Malabrigo, Perú.

ABSTRACT

CASTRO J, CARBAJAL W, BANCES S, DE LA CRUZ J. 2007. *Bio-oceanographic conditions off Puerto Malabrigo, La Libertad, Perú. Year 2006. Inf. Inst. Mar Perú 34(4): 309-317.*- Monthly environmental and biological monitoring carried out during 2006 at Puerto Malabrigo bay (La Libertad) were compared to determine the effect of the industrial fishing activities on biotic and abiotic components of the water column. The industrial fishing landings reached 694.051,8 t during the periods March–June and November–December. The monthly mean sea surface temperature showed an irregular pattern, with minimum in April (16.1 °C), and September (15.3 °C). In the sea bottom the highest value (17.5 °C) was registered in February. Salinity fluctuated from 35.046 ups in February to 34.991 ups in March. At the sea surface, dissolved oxygen presented mean values of 1.7 mL/L (November – December) and 4.2 mL/L (August), with presence of surface anoxic areas in May, November and December. Near bottom, the oxygen contents was lower than in surface, with mean values of 0.4 mL/L in March and 2.8 mL/L in June. High mean concentration of phosphates at surface was registered in March (4.30 ug-at/L) and the lowest in April (1.62 ug-at/L); at the bottom the values were superior with a maximum in March (4.80 ug-at/L). The average surface values of silicates varied from 2.94 in February to 27.30 ug-at/L in March; at bottom varied from 5.76 to 33.70 ug-at/L. The minim and maxim values of surface nitrates fluctuated of 0.01 to 5.45 ug-at/L in March and 0.38 to 14.05 ug-at/L in May; near to bottom the minimum were registered like in March with 0.01 a 3.73 ug-at/L and the maximum in May with 0.07 a 15.86 ug-at/L. The nitrites showed mean surface values <2 ug-at/L, but in central areas of the bay were >3.2 ug-at/L, during April. Average volume of plankton fluctuated from 0.55 y 2.57 mL.m-3. Smaller average values occurred in May, March and November, coinciding with some months of larger landings of the year. The coastal cold water (CCW) prevailing during all the year, validated by the presence of the phytoplanktonic indicator *Protoperidinum obtusum*.

KEYWORDS: environment, nutrients, dissolved oxygen, fish landings, phytoplankton, Puerto Malabrigo, La Libertad, mar del Perú.

INTRODUCCIÓN

En la costa del Perú existen bahías y puertos, donde se desarrollan actividades portuarias, metalúrgicas, pesqueras y recreativas; sin embargo, en la mayoría de los casos no existe un monitoreo ambiental y biológico sistemático que permita efectuar comparaciones de la variación de los parámetros físicos, químicos y bióticos, como base para el manejo de acciones preventivas y correctivas sobre los agentes causantes de impactos negativos.

En los últimos años, en Puerto Malabrigo (ex Puerto Chicama), ubicado en la región La Libertad, norte del Perú, se ha venido desarrollando una intensa actividad pesquera industrial, orientada principalmente a la producción de harina y aceite de pescado, en base de anchoveta. Diez fábricas instaladas en la parte norte de la bahía han llegado a procesar en los últimos cinco años alrededor de 4.278.611 t, con un promedio de 855.722 t.

Esta situación, ha convertido a la zona en uno de los más grandes centros de actividad pesquera extractiva, reductora y procesadora del país. Las plantas pesqueras procesaron durante el 2006 alrededor de 694 mil toneladas de pescado, principalmente de anchoveta (IMARPE 2006), destinadas a la elaboración de harina de pescado.

En base a las consideraciones expuestas y evaluaciones anteriores (CARBAJAL et al. 2004, 2005, 2006), se considera que el ambiente marino sublitoral aledaño a Puerto Malabrigo está afectado por el impacto ambiental debido a actividades antrópicas que ahí se realizan, donde el estado de salud del ecosistema debe ser monitoreado en forma permanente, particularmente de sus parámetros abióticos.

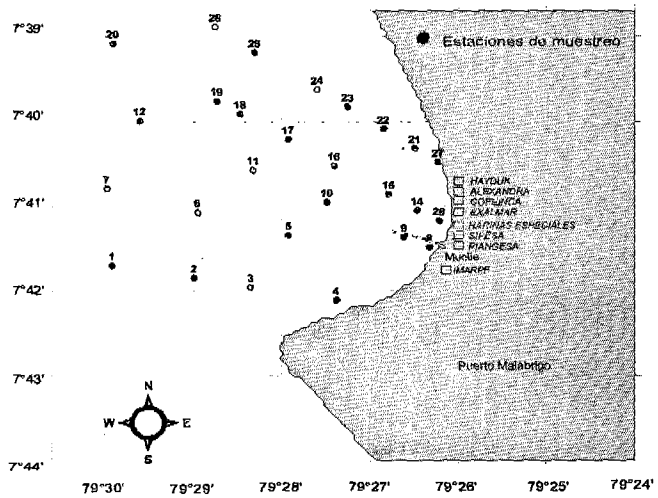


Figura 1.- Área de estudio mostrando las estaciones de muestreo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la zona submareal de la bahía Puerto Malabrigo (7°41'29,4"S, 79°26'8"W), mediante once evaluaciones mensuales realizadas durante el año 2006. El muestreo se realizó a bordo del bote "Don Paco" del IMARPE Lambayeque, el cual contó con un GPS portátil Garmin 12 XL y una video-sonda a color FURUNO FCV-667 para la ubicación y determinación de la profundidad de las estaciones de muestreo.

Durante las evaluaciones se analizaron 27 estaciones permanentes (Figura 1). En cada una de ellas y en todas las evaluaciones, se efectuaron estaciones hidrográficas con mediciones de temperatura del agua en superficie y en el fondo con un termómetro de inversión; las muestras de agua para determinar la salinidad, oxígeno, y nutrientes fueron colectadas en superficie y fondo mediante una botella Niskin de 5,0 L de capacidad.

La determinación de oxígeno disuelto se realizó en el momento del muestreo, por el método titulométrico de WINKLER modificado por CARPENTER (1966); para determinar el pH se utilizó el método potenciométrico por medio del HANNA HI 8424.

Las muestras para estudios de salinidad se colectaron en frascos de polietileno; posteriormente fueron analizadas en la sede central por el método de inducción usando el salinómetro PORTASAL Guidline.

La transparencia del agua fue medida con un disco SECCHI, que se hizo descender suavemente en el agua hasta que desapareció y acto seguido, se elevó el disco hasta que se pudo ver nuevamente; ambas mediciones fueron promediadas para obtener la transparencia in situ.

Las muestras para determinación de nutrientes fueron colectadas en frascos plásticos nuevos y conservados inmediatamente en refrigeración hasta el momento de los análisis, utilizando el espectrofotómetro LAMBDA 40P y presentados en ug-at/L como unidades de concentración.

Se colectaron muestras de plancton mediante arrastres horizontales en aguas superficiales con red de fitoplancton de 75 micras de diámetro, du-

rante 5 minutos con una velocidad de 3 nudos, preservando luego 190 mL de muestra con 10 mL de formol neutralizado al 20%. Para determinar la biomasa planctónica (mL.m^{-3}) se siguieron las recomendaciones de la Reunión del Programa de Plancton (UNESCO 1981), y las muestras fueron centrifugadas por espacio de 5 minutos a 2400 rpm. Las muestras colectadas por la red se analizaron considerando los principales grupos del plancton, otorgando a los organismos más representativos valores convencionales de acuerdo a su abundancia según la metodología del IMARPE. Para la determinación taxonómica se consultaron los trabajos de SCHILLER (1971), CUPP (1943), BALECH (1988), CARMELO (1996), LICEA (1930).

RESULTADOS

Desembarques de la pesca industrial.- Durante el 2006, la flota industrial capturó 694,051,8 t. En el periodo marzo–junio, se desembarcó 372.930,6 t, y en noviembre–diciembre, 321.121,2 t; sobre todo anchoveta (Tabla 1).

Parámetros hidrográficos

Temperatura.- Los promedios mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) tuvieron un comportamiento irregular, con las temperaturas más bajas en abril, mayo y septiembre (16, °C), con la mínima a inicios de primavera. En febrero se registró 18,8 °C. En el fondo, las temperaturas más bajas se registraron en marzo, abril y - mayo y septiembre (15,4 °C). El valor más alto se observó en febrero (17,5°C) (Tabla 2).

Las isotermas superficiales mostraron una distribución bastante homogénea en el otoño, pero con un ligero gradiente paralelo a la costa; en la primavera dicho gradiente presentó una tendencia decreciente de sur a norte. Durante el resto del año se observó una disrupción de este comportamiento debido principalmente a procesos locales (Figura 2).

Salinidad.- Tuvo una variación, durante el primer semestre del año, entre 35,046 ups en febrero y 34,991 ups en marzo y sugiriendo el predominio de las ACF en el área. En general, los valores halinos extremos se presentaron durante el verano (Tabla 2).

Oxígeno disuelto.- El oxígeno disuelto superficial presentó valores promedio entre 4,2 mL/L (agosto) y 1,7 mL/L (noviembre – diciembre), con presencia de áreas superficiales anóxicas en mayo, noviembre y diciembre, en algunas zonas cercanas a la costa adyacente al área industrial, y frente al centro poblado durante diciembre (Tabla 2 y Figura 3). Cerca del fondo, los valores de oxígeno disuelto fueron mucho más bajos que en superficie, encontrándose promedios de 0,4 mL/L en marzo y 2,8 mL/L en junio (Tabla 2).

Tabla 1. Desembarques (t) mensuales de la pesca industrial en Puerto Malabrigo, Región La Libertad.

Mes	Desembarque (t)
Enero	Veda
Febrero	Veda
Marzo	9.249,31
Abril	2.496,30
Mayo	165.864,00
Junio	195.320,99
Julio	Veda
Agosto	Veda
Setiembre	Veda
Octubre	Veda
Noviembre	155.195,58
Diciembre	165.566,63

Transparencia.- La transparencia del agua alcanzó un promedio mensual máximo de 4,3 m en febrero y un mínimo de 0,8 m en junio. En general, valores superiores a 2,5 m se registraron durante los primeros meses del año, y los menores durante el período de mayor actividad industrial, presentándose la mayor carga de materia en suspensión cerca de la costa frente al área industrial (Figura 4).

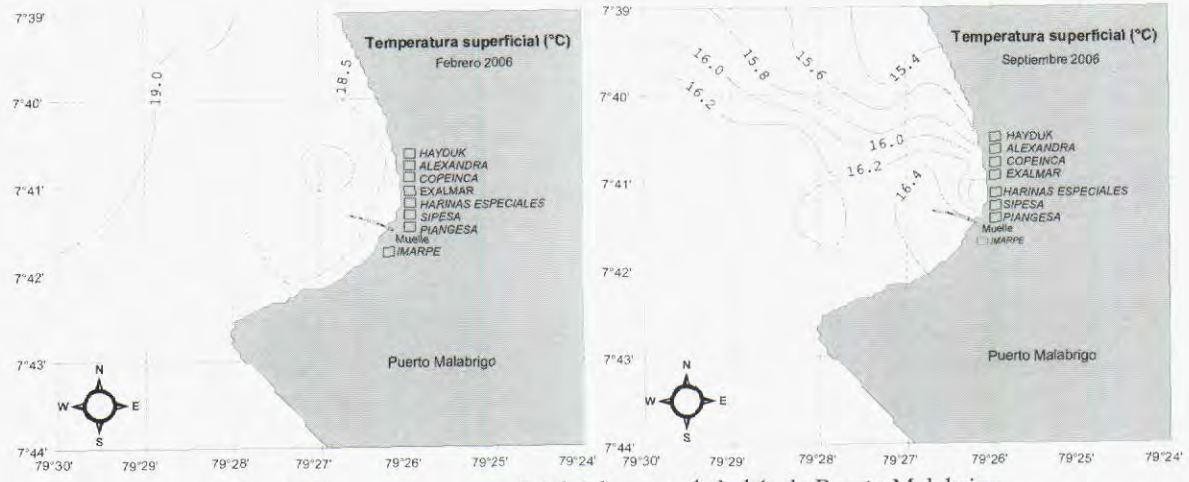


Figura 2.- Temperatura superficial del mar en la bahía de Puerto Malabrigo.

Tabla 2.- Temperatura (°C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (mL/L), en la superficie y en el fondo del mar en Puerto Malabrigo, La Libertad. Año 2006.

		Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temepratura												
Superficial												
	Prom.	18,8	17,2	16,6	16,5	17,1	17,3	17,5	16,0	16,6	17,3	17,1
	Mín.	18,3	16,5	16,1	16,1	16,9	16,9	17,0	15,3	16,1	16,5	16,6
	Máx.	19,3	18,3	17,1	17,1	17,5	17,5	18,2	16,5	17,0	18,3	17,8
Fondo												
	Prom.	17,5	16,2	16,2	16,1	16,9	16,7	16,8	15,4	15,9	16,3	16,5
	Mín.	16,9	15,8	15,6	15,6	16,3	16,5	16,6	15,1	15,0	16,0	16,0
	Máx.	18,0	16,6	16,9	16,8	17,4	17,1	17,1	16,2	16,2	16,9	17,3
Salinidad												
Superficial												
	Prom.	35,046	34,991			35,003	35,005					
	Mín.	34,998	34,898			34,978	34,848					
	Máx.	35,074	35,166			35,052	35,049					
Fondo												
	Prom.	35,052	34,995			35,005	34,992					
	Mín.	35,009	34,927			34,981	34,860					
	Máx.	35,093	35,260			35,050	35,048					
Oxígeno Disuelto												
Superficial												
	Prom.	3,9	2,0	2,7	2,9	3,7	3,5	4,2	2,3	3,6	1,7	1,7
	Mín.	3,0	1,0	1,6	0,3	3,0	2,6	2,7	1,4	2,4	0,1	0,0
	Máx.	4,6	3,7	4,3	5,0	5,2	4,8	5,8	4,0	4,9	4,5	4,9
Fondo												
	Prom.	2,0	0,4	1,2	2,1	2,8	1,4	2,5	0,9	1,9	0,8	0,6
	Mín.	1,2	0,0	0,2	0,0	0,8	0,2	1,3	0,0	0,7	0,0	0,0
	Máx.	3,4	2,3	2,8	3,3	5,1	3,4	4,9	2,7	3,7	3,0	1,4

Tabla 3.- Concentración de nutrientes (µg at/L) a nivel de superficie y de fondo del mar en la Bahía de Puerto Malabrigo, La Libertad, 2006

Nutrientes	Febrero		Marzo		Abril		Mayo	
	Superfi.	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
Fosfatos								
Prom.	2,83	2,54	4,30	4,80	1,62	2,04	3,07	3,80
Mín.	0,76	1,32	2,69	3,40	0,85	0,99	0,99	1,90
Máx.	6,84	3,92	6,14	6,80	2,69	3,68	10,15	13,45
Silicatos								
Prom.	2,94	5,76	37,30	33,70	8,37	11,78	14,74	15,26
Mín.	1,34	2,32	10,78	19,25	3,65	2,32	0,27	11,32
Máx.	6,59	9,36	37,07	41,70	14,97	25,75	20,31	20,31
Nitratos								
Prom.	3,23	4,75	0,94	0,63	5,19	4,99	10,09	10,51
Mín.	1,65	3,21	0,01	0,01	2,44	1,58	0,38	0,07
Máx.	5,35	6,38	5,45	3,73	9,17	8,86	14,05	15,86
Nitritos								
Prom.	0,44	0,77	0,65	0,33	1,62	1,69	1,01	1,14
Mín.	0,08	0,51	0,11	0,11	0,65	0,36	0,15	0,53
Máx.	0,87	0,97	2,66	1,33	3,21	3,61	1,67	2,87

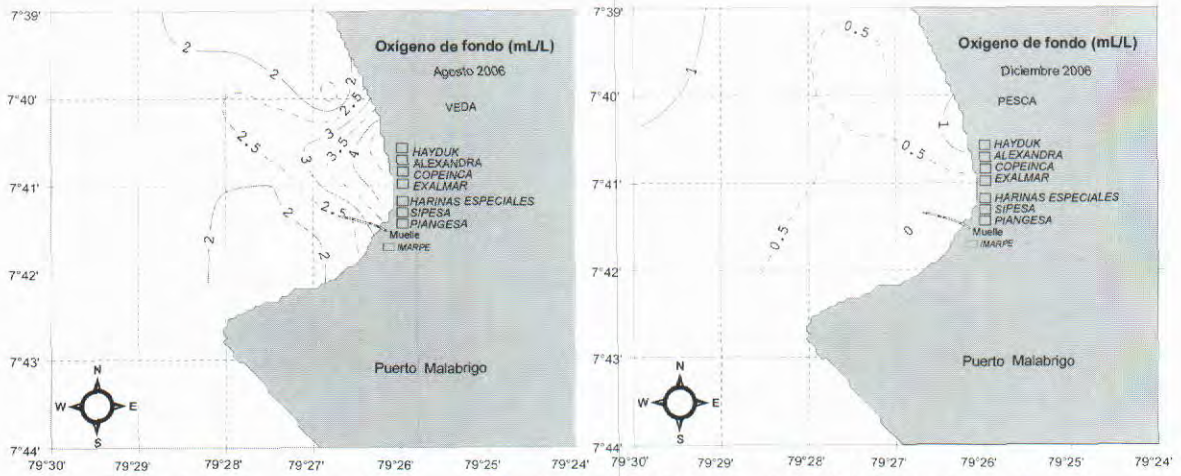


Figura 3.- Oxígeno disuelto cerca del fondo en la bahía de Puerto Malabrigo en época de veda (agosto 2006) y de pesca (diciembre 2006).

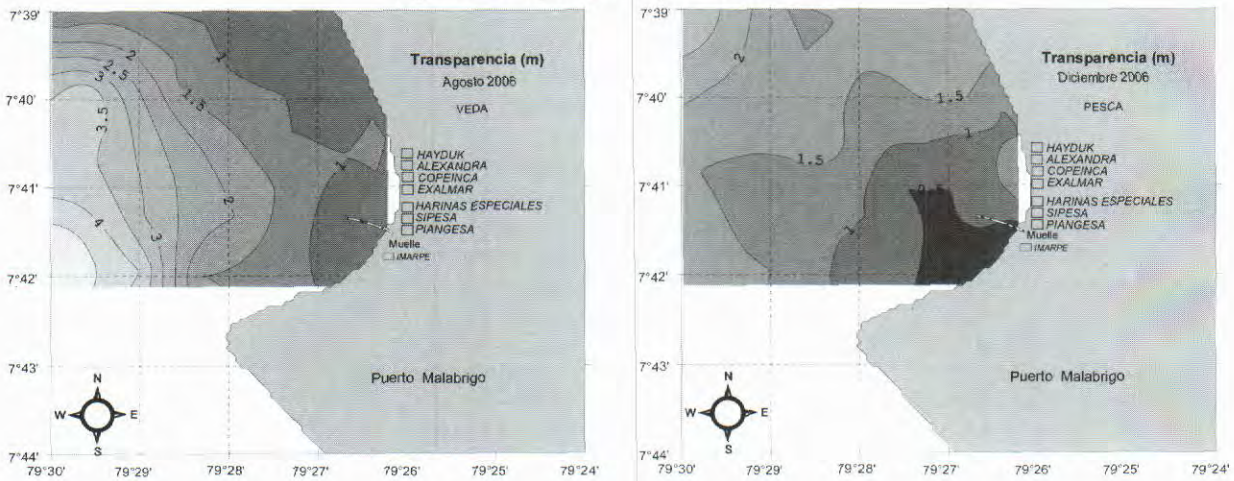


Figura 4.- Transparencia del agua de mar (m) en la bahía de Puerto Malabrigo, en época de veda (agosto) y de intensa actividad industrial (diciembre).

Nutrientes

Fosfatos.- Las mayores concentraciones de fosfatos promedio en superficie se registraron en marzo (4,30 ug-at/L); las menores, en abril (1,62 ug-at/L). En el fondo de la columna de agua, los valores fueron superiores a los de superficie, así las mínimas se determinaron en abril (2,04 ug-at/L) y las máximas, en marzo (4,80 ug-at/L) (Tabla 3).

Silicatos.- Los concentraciones superficiales promedio fluctuaron entre 2,94 ug-at/L en febrero a 37,30 ug-at/L en marzo; en el fondo, entre 5,76 a 33,70 ug-at/L, durante los mismos meses. En general, altas concentraciones de silicatos se encontraron cerca de la costa en la zona de muelle o proyectándose desde el área industrial.

En febrero la concentración de silicatos en superficie varió entre 1.34 a 6.59 ug-at/L y en el fondo, entre 2,32 a 9,36 ug-at/L. En marzo, las concentraciones de silicatos en superficie y fondo fueron relativamente más elevadas; en superficie variaron de 10,78 a 37,07 ug-at/L, y en el fondo, de 19,25 a 41,70 ug-at/L. En abril y mayo las concentraciones promedio de silicatos en superficie presentaron valores entre 8,37 y 14,74 ug-at/L (Tabla 3).

Nitratos.- Las mínimas y máximas de nitratos en superficie variaron entre 0,01 a 5,45 ug-at/L en marzo y 0,38 a 14,05 ug-at/L en mayo. Cerca del fondo, valores bajos se registraron en marzo (0,01 y 3,73 ug-at/L), y altos en mayo (0,07 y 15,86 ug-at/L).

Nitritos.- Sus concentraciones superficiales máximas promedio fueron <2 ug-at/L, pero en algunas áreas de la bahía hubo hasta 3,2 ug-at/L, como en abril, en la parte central de la bahía. En dicho mes, a nivel de fondo, los nitritos alcanzaron sus máximas entre 0,36 a 3,61 ug-at/L. Las mínimas en superficie se registraron en febrero (0,08 a 0,87 ug-at/L); en marzo, cerca del fondo los valores variaron de 0,11 a 1,33 ug-at/L (Tabla 3).

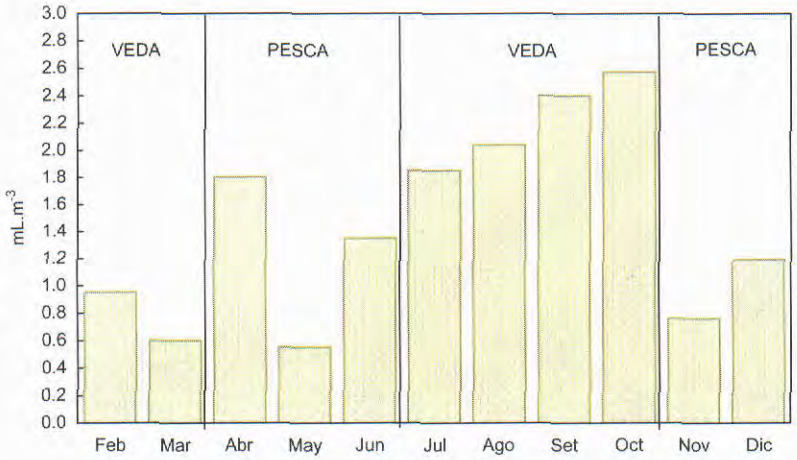


Figura 5.- Volúmenes de plancton superficial en la bahía de Puerto Malabrigo, 2006.

Fitoplancton.- Los volúmenes promedio de plancton tuvieron el rango 0,55 a 2,57 $mL.m^{-3}$. Los menores ocurrieron en mayo, marzo y noviembre, coincidiendo con algunos meses de mayores desembarques (Tabla 1), y los mayores se registraron en época de veda y a inicios de primavera, cuando se incrementa el afloramiento costero (agosto, septiembre y octubre) (Figura 5).

La comunidad fitoplanctónica se caracterizó por fluctuaciones en la dominancia de algunas especies. El dinoflagelado Protoperidinium deprerssum fue muy abundante en febrero. De marzo a julio la especie dominante fue la diatomea nerítica Coscinodiscus perofratus. Especies de afloramiento dominaron en agosto (Chaetoceros didymus), septiembre (Skeletonema costatum) y octubre (Thalassiosira mendiolana). En los últimos meses del año Coscinodiscus perforatus volvió a ser abundante.

Los dinoflagelados se registraron en casi todos los muestreos, principalmente los cosmopolitas Protoperidinium pentagonum, P. crassipes, P. conicum, Ceratium buceros, C. tripos, Dinophysis caudata, D. tripos. En casi todos los muestreos se registró el tipificador de aguas costera frías (ACF), el dinoflagelado Protoperidinium obtusum, indicando la prevalencia de este tipo de masa de agua durante casi todo el año.

Marea roja.- En octubre se registró un evento de marea roja producido por el dinoflagelado atecado Akashiwo sanguinea (= Gymnodinium sanguineum), en una franja paralela a la costa de la zona de estudio, cuya temperatura superficial promedio fue 16,6° y contenido de oxigeno superficial promedio de 3,6 mL.L-1; sin embargo, dicho evento no causó mortalidad alguna de los organismos marinos.

Aspectos sedimentológicos

pH de los sedimentos.- Los resultados indican que en la zona somera frente a las plantas pesqueras se localiza recurrentemente, una franja de sedimentos con bajos valores de pH, particularmente cerca a la orilla y relacionados a fondos fango-arenosos, reducidos y semi-reducidos; en general, los valores promedio fluctuaron entre 7,2 a 7,5 en el periodo de julio, a diciembre. Los valores mínimos se registraron en octubre con 6.7, mientras que en junio, julio y diciembre se observaron valores menores a 6.8, relacionados con fondos fango-arenoso con fuerte olor sulfuroso.

Caracterización textural de los sedimentos.- La caracterización cualitativa de los sedimentos de la bahía mostró -al igual que en años anteriores- el predominio de sedimentos arenosos asociados a una gran dinámica en su distribución, con permanente dispersión de sus componentes, particularmente del sedimento netamente fangoso. Por otro lado, en una franja adyacente a la costa predominó el fondo arenoso fuertemente reducido, con intenso olor a azufre, con núcleos fangosos frente a la zona industrial, principalmente durante las evaluaciones en épocas de actividad pesquera, y que se extendieron al área de fondeadero de embarcaciones y en algunas oportunidades frente al área poblada; durante tal período se obtuvieron niveles relativamente bajos de oxígeno cerca del fondo (Figura 6).

DISCUSIÓN

En general, durante el año los valores de temperatura y salinidad se encontraron dentro del rango de los valores típicos de las ACF, a pesar de que los promedios de las TSM presentaron un comportamiento irregular, con temperaturas más bajas en abril, mayo y septiembre; y la mínima a inicios de primavera. En febrero se registró 18,8 °C, y en septiembre 16,0 °C; por tanto, el 2006 fue un año más cálido que el 2005.

Las isotermas superficiales presentaron una distribución más homogénea en otoño, aunque con un ligero gradiente paralelo a la costa; en primavera tal gradiente mostró una tendencia decreciente de sur a norte. Durante el resto del año se observó una disrupción de este comportamiento debido principalmente a procesos locales. En relación a las temperaturas del fondo, éstas fueron más bajas en marzo, abril, mayo, y en septiembre, siendo importante en-

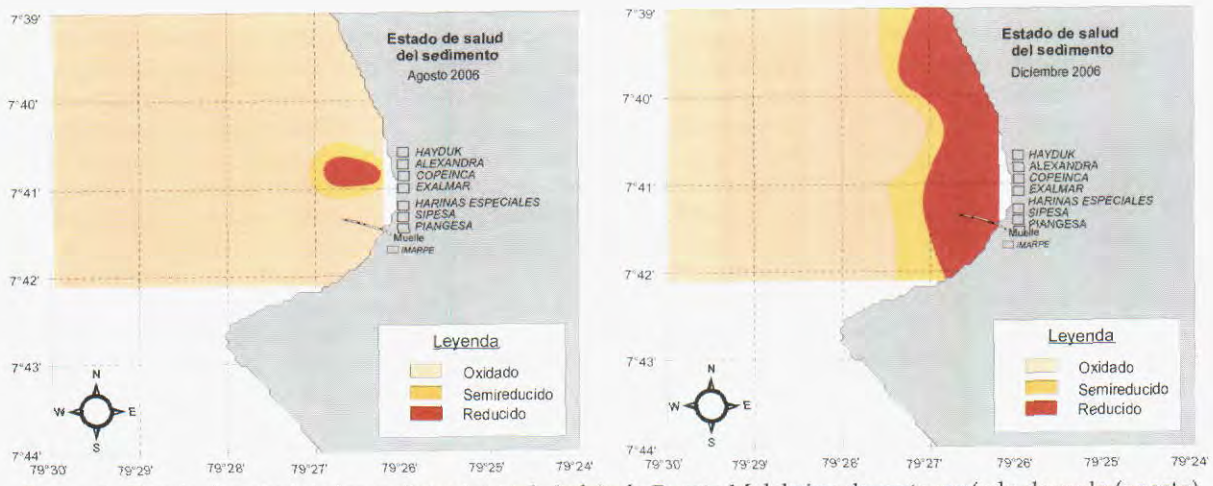


Figura 6.- Estado de salud de los sedimentos en la bahía de Puerto Malabrigo durante período de veda (agosto) y período de intensa actividad industrial (diciembre)

fatizar que durante todo el año se observaron áreas ligeramente más calientes, adyacentes al área industrial, posiblemente como consecuencia de contaminación térmica, por los vertidos provenientes de las fábricas.

Los niveles de oxígeno disuelto fueron significativamente más bajos, durante noviembre (en la zona industrial) y diciembre (frente al centro poblado) (Figura 3), a nivel superficial y del fondo, principalmente en el área costera adyacente a la zona industrial; en mayo estos niveles fueron más bajos en un área restringida a la zona del muelle. En general valores inferiores de 0,5 mL/L se presentaron solo en épocas de actividad industrial, situación que refleja de manera indirecta el impacto negativo sobre el ecosistema a través del ingreso de materia orgánica proveniente de la actividad de las plantas pesqueras. En este período, el valor promedio mínimo de oxígeno a nivel superficial alcanzó 1,7 mL/L en noviembre y diciembre, para toda el área de la bahía, aunque en la mayor parte del año estos valores no sobrepasaron los 4 mL/L, lo cual denota aguas provenientes de afloramientos.

Las zonas anóxicas superficiales observadas principalmente en noviembre y diciembre, con valores cercanos a cero, y que estuvieron localizadas en las estaciones más cercanas a la costa, especialmente adyacente a la zona industrial, responden a proceso bioquímicos por contaminación de residuos orgánicos producidos después de intensa actividad industrial previa al muestreo, en los cuales, como es sabido, se produjo la sobresaturación del medio y un elevado consumo de oxígeno por descomposición de los residuos industriales líquidos (RIL) vertidos por las plantas pesqueras. Adicionalmente a ello, incrementan la carga sobre la bahía, la existencia de un emisor en la zona norte adyacente al muelle y de chatas correspondientes a las plantas pesqueras industriales.

El análisis comparativo de los valores de nutrientes registrados para las cuatro primeras evaluaciones del año, tanto en el período de veda como en periodos de intensa pesca industrial y la presencia de afloramiento costero, indica una notable variación en la concentración de nutrientes, particularmente de los silicatos y fosfatos; y en menor grado los nitratos y nitritos. Los primeros mostraron mayores concentraciones en marzo y los segundos en mayo y abril, respectivamente. Esta situación coincide en gran parte con lo encontrado por CARBAJAL (2005) para la misma área, pero difiere de lo encontrado por SOLÍS e INCA (2001), quienes señalaron que en la bahía de Chancay no existió una gran variación en las concentraciones de nutrientes para períodos de veda e intensa actividad pesquera industrial. Las diferencias en Puerto Malabrigo, pueden atribuirse a una débil intensidad hidrodinámica que impide la pronta recuperación de sus propiedades así como también a los importantes volúmenes de descarga de pescado ocurridos en marzo - mayo (177,596 t) aunque es necesario tener en consideración que los datos obtenidos solo representan a cuatro meses del año.

Las concentraciones promedio de los fosfatos en superficie mostraron valores disímiles, con concentraciones entre 4,3 ug-at/L (marzo) y 1.62 ug-at/L (abril); en general los valores altos se encontraron en superficie y fondo de las estaciones someras (2 – 10 m de profundidad) en las que usualmente se relacionan fondos reducidos y registraron condiciones bajos en oxígeno. En general, y con excepción de las estaciones mencionadas anteriormente, los valores se encuentran den-

tro del rango de los indicado por CALIENES et al. (1985), tanto para verano como en invierno, quienes registraron valores >2 ug-at/L para la zona costera. Asimismo, la presencia de alta concentración de fosfatos, probablemente provenientes de los detergentes, habría dado lugar a la proliferación de microalgas, las cuales consumen gran parte del oxígeno disuelto presente en el agua, haciendo que el medio se vuelva anaerobio, con la consiguiente putrefacción de los sedimentos, afectando el fondo de la bahía y posibilitando el crecimiento de bacterias sulfato-reductoras (CARBAJAL et al. 2005).

En superficie, en las estaciones aledañas al muelle y frente a las plantas pesqueras, se registraron valores de NITRATOS relativamente bajos durante los periodos de actividad industrial, como consecuencia de un fuerte proceso de desnitrificación de origen microbiológico y por la ausencia de oxígeno. Por otro lado, la causa de los altos valores de nitratos en la mayor parte del periodo muestreado sería producto de la mezcla con la descarga de residuos de limpieza de la planta de agua de cola. Como ya se sabe las bacterias realizan una actividad muy importante en la formación de nitratos y fosfatos solubles y su acción es capaz de cambiar la concentración de estas sales en el mar. En el verano (febrero – marzo), durante el cual las diatomeas son más numerosas, van gastando la cantidad de sales de nitratos y fosfatos y disminuyendo la actividad fotosintética. Después, en el otoño (abril - mayo), en el que los días se hacen más cortos, el fitoplancton muere y las bacterias empiezan a desintegrar la materia orgánica y a producir sales, las que deberían alcanzan un valor máximo durante el invierno.

Los SILICATOS presentaron durante estos meses, valores elevados, muy por encima del promedio señalado por CALIENES et al. (1985) y MORÓN (2000). En marzo 2006, el promedio superficial alcanzó los 27,30 ug-at/L; los valores fueron superiores a los registrados el resto del periodo; este hecho tiene relación con la presencia de aguas de afloramientos recientes.

Las concentraciones de NITRITOS parecen haber sido influenciados por los procesos industriales, ya que se les encontró elevados durante los meses de actividad industrial; sin embargo, sería necesario comparar estos resultados con los obtenidos el resto del año para descartar cualquier cambios debido a otros procesos.

LA CIRCULACIÓN LOCAL SUPERFICIAL en la bahía, se mostró siempre de manera predominante en dirección sur a norte, pero con mayor intensidad fuera de la bahía; en el fondo la circulación fue de menor intensidad a la observada en superficie, con aguas de escasa velocidad favoreciendo la sobresaturación de nutrientes e impidiendo la dispersión y dilución de la materia orgánica en suspensión. La mayor intensidad de los vientos y velocidades mayores del flujo, con el incremento de la turbulencia en la columna de agua, produjeron una mayor resuspensión de la materia particulada.

LA CANTIDAD DE MATERIA ORGÁNICA EN SUSPENSIÓN en la columna de agua hace que la intensidad de la luz decrezca en el sentido de su propagación, debido a que es absorbida por estas partículas; a este fenómeno se le llama coeficiente de absorción o de extinción de la luz, y es el que proporciona la correspondiente transparencia del mar. Así, las mediciones de transparencia muestran que ésta fue menor en los meses de primavera, cuando la intensificación de los vientos incrementa la turbulencia en la columna de agua. Esta situación se explicaría además, por la presencia de una alta concentración de sólidos suspendidos provenientes de las plantas pesqueras, que coincidentemente procesaron pescado durante esos meses, y que por acción de vientos S y SEE y de circulación mas intensa fueron trasportados hacia afuera de la bahía acarreando material particulado en suspensión de diferente naturaleza (i.e., grasa).

Es sabido que, el grado de oxido-reducción de los sedimentos, es considerado como un indicador del estado de salud del fondo marino, particularmente de áreas sometidas a perturbación o estrés ambiental, como es el caso de la bahía de Puerto Malabrigo. Cualitativamente, por el color y olor de los mismos, entre febrero - julio y entre noviembre y diciembre se determinó la presencia de grandes áreas con sedimentos (arena fina y fango) caracterizados por colores negros y malolientes (i.e., olor a sulfuro) propios de sedimentos reducidos y semirreducidos. El patrón de distribución espacial de tales sedimentos mostró estar acorde con la hidrodinámica del fondo, es decir flujos intensos desde el suroeste. Se presume que los niveles de materia orgánica en suspensión, han demandado un mayor consumo de oxígeno en su proceso de degradación y, por tanto, los procesos de oxido-reducción han sido de mayor intensidad, lo cual se reflejó en la formación de gases tóxicos, como el sulfuro de hidrógeno (CARBAJAL et al. 2004).

Con los valores obtenidos este año, que coinciden con evaluaciones realizadas en años previos, es indudable que persisten condiciones de estrés ambiental en la bahía, especialmente durante los periodos de actividad industrial, y basados en la actual información se pue-

de deducir que la capacidad de asimilación de dicho ambiente marino es baja. Por tanto, es muy importante determinar en un futuro próximo la capacidad asimilativa de la bahía y la velocidad de recuperación de la misma a fin de establecer los límites máximos permisibles.

CONCLUSIONES

1. Las Aguas Costeras Frías predominaron durante todo el año, validado por la presencia del indicador fitoplanctónico de esta masa de agua, el dinoflagelado *Protoperidinum obtusum.*

2. Los niveles de oxígeno disuelto en superficie y fondo del litoral de Puerto Malabrigo, fueron significativamente superiores en el período de veda de la pesca de anchoveta.

3. Los valores de oxígeno disuelto registrados en la mayor parte del año y especialmente durante los periodos de actividad industrial, se encuentran muy por debajo de los límites permisibles dados por la Ley General de Aguas (D.L. N° 17752).

4. La disminución en los tenores de oxigeno disuelto reflejan el impacto severo de los contaminantes orgánicos en las aguas costeras de la bahía.

5. El análisis de los fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos durante el período de la actividad industrial, en general, indica que sus concentraciones estuvieron alteradas.

6. La transparencia de la columna de agua, estuvo directamente relacionada con las actividades de procesamiento industrial.

7. La distribución de los sedimentos mostró el predominio del tipo fango-arenoso distribuido casi uniformemente en el centro de la bahía y, arena fina en una amplia franja adyacente a la costa. Sedimentos netamente fangosos se presentaron en forma intermitente relacionada mayormente con la actividad industrial.

8. El estado de salud de los sedimentos varió de acuerdo a la intensidad de las actividades industriales, presentándose sedimentos reducidos y con intenso olor sulfuroso durante las épocas de pesca y la ausencia de olores sulfurosos durante las vedas.

9. El volumen de plancton se ve afectado por la actividad pesquera industrial, aumentando en época de veda y disminuyendo en plena actividad pesquera.

10. La diatomea nerítica *Coscinodiscus perforatus* fue la más importante que se presentó dentro de las comunidades del fitoplancton en la mayoría de los meses de muestreo.

REFERENCIAS

BALECH E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Public. Esp. Inst. Español de Oceanografía. España., 310 pp.

CALIENES R, GUILLÉN O, LOSTANAU N. 1985. Variabilidad espacio-temporal de clorofila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú 10(1): 44 pp.

CARMELO R. 1996. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, Inc. 585 pp.

CARBAJAL W, CASTRO J, DE LA CRUZ J, FLORES G. 2004. Calidad del ambiente marino en Puerto Malabrigo (La Libertad), marzo y junio del 2003. Inf. Int. Inst. Mar Perú, Lab. Costero de Santa Rosa. 18 pp.

CARBAJAL W. 2005. Condiciones oceanográficas en el litoral de Puerto Malabrigo (La Libertad), marzo y junio 2003. 12 pp. V Seminario Virtual OANNES, Diciembre 2006.

Cupp E. 1943. Marine Planckton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceanog., 5:1-237.

IMARPE. 2006. Informe "Seguimiento e investigación de las pesquerías artesanales de Lambayeque, año 2005". Inf. Int. Inst. Mar Perú. CRIP Santa Rosa. 52 pp.

JACINTO ME, SALAZAR CM, VELAZCO I, PIZARRO L. 2001. Condiciones ambientales y biológico-pesqueras en la bahía de Huarmey, diciembre 2000. Inf. Prog. Inst. Mar Perú 148: 24 pp.

LICEA S, MORENO J, SANTOYO H, FIGUEROA G. 1995 Dinoflagelados del golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur.1996. 166 pp.

SOLÍS J, INCA J. 2001. Características hidroquímicas en la bahía de Chancay durante el período de intensa actividad pesquera. Octubre 1999. Inf. Prog. 140: 9 -20.

MORÓN O. 2000. Características del ambiente marino frente a la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú . Vol 19 (1-2): 179 -204.