informe progresivo

nº
84

Junio
1998

Características del medio marino, fuentes y evaluación de la contaminación en la Bahía de Ilo, costa de Ite a río Sama. 28 marzo a 01 abril 1995
Guadalupe Sánchez, Edgardo Enríquez, Octavio Morón, Juana Solis, Flor Chang 3

Contaminación sobre el macrobentos en las Bahías de Mollendo, Ilo e Ite en marzo y agosto de 1996
Rita Orozco, Edgardo Enríquez, Sonia Castillo, Elizabeth Fernández, Octavio Morón 35

DGIO
42 - 43

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

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU (IMARPE)
Esq. Gamarra y Gral. Valle, Chucuito - Callao.
Apartado 22, Callao - Perú.
Tel. 4297630 - 4299811 Fax. 4656023
E - mail: imarpe + @amauta.rcp.net.pe

Asesora científica
Dra. Norma Chirichigno Fonseca

Editor científico
Dr. Pedro G. Aguilar Fernández

© 1998. Instituto del Mar del Perú
Esquina Gamarra y General Valle
Apartado Postal 22
Callao, PERU
Teléfonos: 429.7630 y 420.2000
Fax (511) 465 6023
E-mail:imarpe+@imarpe.gob.pe

Hecho el depósito de ley. Registro Número 98-2366.
Reservados todos los derechos de reproducción total o parcial, la fotomecánica y los de traducción.

Impresión: VISUAL SERVICE SRL.
José de la Torre Ugarte 433 - Lince.
Teléfono 442.4423
Se terminó de imprimir en Setiembre de 1998.
Tiraje: 300 ejemplares.

La información estadística, los mapas, figuras, términos y designaciones empleadas en la presentación de este documento son referenciales, no tienen valor oficial y son de completa responsabilidad de cada autor.

CARACTERISTICAS DEL MEDIO MARINO, FUENTES Y EVALUACION DE LA CONTAMINACION MARINA EN LA BAHIA DE ILO, COSTA DE ITE A RIO SAMA . 28 MARZO A 01 ABRIL 1995

Guadalupe Sánchez
DGIO - IMARPE

Edgardo Enríquez
Area de Impacto Ecológico
DVPAM, DGIO, IMARPE

Octavio Morón
Dirección de Información y
Pronósticos Oceanográficos
DGIO - IMARPE

Juana Solis
Area de Hidroquímica
DOQ, DGIO, IMARPE

Flor Chang
Area de Fitoplancton
DOB, DGIO, IMARPE

CONTENIDO

Resumen 3
Abstract 4
1. Introducción 5
2. Material y métodos 5
   2.1 Análisis físico-químicos 6
   2.2 Análisis de fitoplancton 6
   2.3 Análisis bacteriológico 6
   2.4 Análisis de las comunidades perturbadas de sustrato blando 8
   2.5 Análisis de metales trazas en sedimentos y organismos marinos 8
3. Resultados y discusión 8
   3.1 Características físicas y químicas del agua de mar en el área de Ilo,Ite hasta río Sama 8
   3.2 Estructura de la comunidad fitoplanctónica 16
   3.3 Fuentes terrestres de contaminación marina de Ilo e Ite 16
   3.4 Indicadores de contaminación microbiológica 18
   3.5 Evaluación de efectos en las comunidades perturbadas de sustrato blando 19
   3.6 Evaluación de metales trazas en sedimentos bioacumulación en organismos marinos 30
4. Conclusiones 31
5. Agradecimientos 32
6. Referencias 33

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad dar a conocer la contaminación marina causada por la minería, principal actividad que se desarrolla en la región sur de Ilo (Moquegua) hasta sur de Ite (Tacna) y de otras fuentes terrestres de contaminación. El trabajo de campo se desarrolló del 28 de marzo al 01 de abril de 1995. El área de estudio comprendió 32 estaciones oceanográficas, paralelas a la línea costera hasta una distancia de 2 mn de la costa.

En los resultados se observó una circulación intensa en la zona sur de Ilo con dirección norte, mientras que entre Punta Coles a Punta Icuy se observaron flujos hacia el sur y suroeste. Los parámetros ambientales como temperatura, oxígeno y salinidad mostraron valores propios de aguas costeras frías (ACF); las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) que usualmente se encuentran en esta área no se presentaron a menos de 2 mn de la costa.

Se alcanzan los resultados de nutrientes cuyos valores fueron altos en la costa norte de Ilo debido a un proceso de surgencias de aguas hacia la línea costera. Por otra parte, se obtuvieron valores altos de silicatos y nitritos en la zona submareal superior, producto de

la presencia de desechos sólidos (escorias) de la Planta de Fundición de Cobre en Ilo.

La clorofila «a» presentó valores superficiales de 10 a 30 ug/L frente a la Fundición de Ilo decreciendo hacia el sur. El fitoplancton tuvo un volumen de 0,29 y 3,88 mL/m3 con predominancia de las diatomeas en un 98 %.

El trabajo también presenta resultados sobre las fuentes de contaminación de Ilo e Ite, describiendo a la actividad minera como la principal fuente contaminadora del mar; también se mencionan otras actividades como la pesquera y agrícola que vierten cargas contaminantes al medio marino. Se aplicaron los factores para cargas contaminantes de residuales líquidos domésticos descritos por WHO (1986).

En los resultados bacteriológicos la mayor concentración de contaminación fecal se encontró frente al área de descarga discontinua de la laguna de estabilización de la ciudad de Ilo, donde alcanzó el valor de 15 x 10^3 NMP x 100 mL.

También se dan los resultados sobre la estructura de la comunidad béntica de fondo blando, en la zona comprendida entre la Bahía de Ilo hasta Los Olivares. Los índices de diversidad obtenidos fueron bajos, como un indicativo de la perturbación de la comunidad por la presencia de elementos contaminantes por la actividad minero metalúrgica. En la zona de Ite la comunidad béntica presentó índices de diversidad más altos; en el número reducido de especies encontradas en esta área algunas están catalogadas como oportunistas por la habilidad de adaptación a ambientes contaminados.

También se presenta el análisis de la curva ABC de K-dominancia (Warwick 1986) de la comunidad béntica de Ilo e Ite dando una moderada y más fuerte perturbación respectivamente. Igual resultado dio la aplicación de la curva de stress o SAB (Pearson y Rosenberg 1978).

Se presentan los valores de trazas de metales en cobre, y plomo en sedimentos, obteniéndose un valor máximo de 1280,66 ppm de cobre frente a la Planta de Fundición de Cobre al norte de Ilo. También se alcanzan los valores de metales trazas de cobre, cadmio y plomo en organismos marinos como chiton *Acanthopleura echinata*, caracol *Thais haemostoma* y chorito *Perumytilus purpuratus*. El valor más alto fue de cobre con 26,68 ug/g en la especie *A. echinata*.

ABSTRACT

This paper presents the marine pollution off Ilo (Moquegua) to Ite (Tacna) due to the mining, as the main activity, and other land sources of pollution. The study carried out from the 28th of March to the 1st of April 1995, with 32 oceanographic stations parallel to the shore, far 2 nautic miles offshore.

Marine currency was strong in the south zone of Ilo, with the flux through the northern, while from Punta Coles to Punta Icuy showed the fluxes to the south and southwest. The environmental data like temperature, oxygen and salinity showed characteristics of the Cold Coastal Waters (CCW); Superficial Subtropical Waters (SSW) unusal in this areas, were no present at least two miles offshore.

Otherwise, this paper shows the results of the nutrients: nitrate presented high values because of upwelling process in the north coast of Ilo; also the values of silicate and nitrite were high in the upper subtidal zone, due to the industrial mineral solid waste (scorias) from the Foundry Plant of Copper in Ilo.

The sources of land pollution from the different activities are described and it was inquiry about the minning, fishery and agriculture activity. Factors from WHO (1986) were used to determinate the pollution load from the domestics waste.

In regard to bacteriological data, the greatest concentration of fecal pollution was found at the point of discontinuos discharge from the stabilization lagoon in Ilo city, where it came into being 15 x 10^3 NMP x 100 mL.

The structure of benthic soft - bottom community in the area between Ilo Bay and Los

Olivares showed low diversity indexes pointing out the disturbance on the community by contamination from mining activity. In Ite zone the benthic community showed high diversity indexes, within the reduces number of species some of them are known as oportunistic by their ability to live in pollution environments.

The analysis of ABC curve of k-dominance (WARWICK 1986) in benthic communities off Ilo and Ite areas gave moderate and strong perturbation respectively. Similar results were obtained after applying the curve of stress SAB (PEARSON and ROSENBERG 1978).

In sediments the maximum value of trace metals (Cu and Pb) was 1280,66 ppm of copper in front of Fountry Plant at the north of Ilo. Trace metals (Cu, Cd and Pb) contained in marine organisms as "chiton" *Acanthopleura echinata*, "caracol" *Thais haemostoma* y "chorito" *Perumytilus purpuratus,* gave the highest concentration in copper with 26,68 ug/g for A. echinata.

1. INTRODUCCION

La contaminación de la costa sur del Perú comprendida entre los 17°25'20" S, Los Olivares de Ilo, Moquegua hasta los 18°07'20" S, playas de Tacna, Tacna, tiene como principal fuente de contaminación la actividad minero-metalúrgica desarrollada en la zona andina a más de 3 500 msnm donde se encuentran las minas de cobre de Toquepala y Cuajone, con 35 y 20 años de actividad respectivamente.

Esta actividad viene ocasionando en Ilo y más severamente en Ite, un fuerte impacto sobre la calidad del medio marino y sus recursos hidrobiológicos especialmente los costeros, habiéndose efectuado varios estudios al respecto desde que se inició la explotación de la mina de Toquepala en 1956.

Entre los trabajos publicados sobre la problemática ambiental causados por los relaves descargados en la costa de Ite se encuentran los de ANCIETA (1960); VALCARCEL *et al.* (1974); DAMES y MOORE (1976); SÁNCHEZ y HOLLEMWEGUER (1991).

En 1993 se llevó a cabo un estudio de Línea de Base para determinar las características de la zona marina costera, con la finalidad de aplicar una de las alternativas de solución a la disposición de los relaves, a través de un emisor submarino en zona submareal superior de Punta San Pablo (Morro Sama), estudio que llevó a cabo la Consultora Canadiense Rescan por encargo de la empresa Southern Peru Cooper Corporation que tiene las minas ya mencionadas.

El IMARPE, participó como fiscalizador del estudio, el cual concluyó que los impactos serían bastante similares a la situación que se estaba presentando en Ite, por lo cual se desestimó su factibilidad y la alternativa a la solución finalmente fue la disposición en tierra de los relaves.

El presente trabajo tiene como finalidad dar a conocer las características ambientales de la zona de estudio, las fuentes de contaminación y la evaluación de los efectos que presentan las comunidades bénticas marinas de sustrato blando, en la costa de Ilo, Moquegua y Tacna.

2. MATERIAL Y METODOS

El trabajo de campo se desarrolló del 28 de marzo al 01 de abril de 1995. El área de estudio comprendió 32 estaciones oceanográficas, siguiendo en paralelo a la línea de la costa hasta una distancia de 2 millas de la costa (Fig. 1).

Por línea de costa las estaciones hidrográficas fueron 20 habiéndose colectado datos, muestras de agua de mar, sedimentos y organismos para los diferentes análisis (Fig. 2).

Sobre las fuentes terrestres de contaminación se siguió la metodología descrita por WHO (1986), donde se tienen coeficientes para cargas contaminantes, fuentes gaseosas líquidas y sólidas provenientes de contaminantes domésticos o industriales.

2.1 Análisis físico-químico

Se registraron datos de temperatura, mediante el uso de un termómetro de superficie y un termómetro de inversión. Asimismo, se colectaron muestras de agua de mar en dos niveles, superficie y fondo, empleándose un balde para superficie y una botella Niskin con portatermómetro para las colecciones de agua de mar de fondo.

Las corrientes marinas se registraron empleándose correntómetros de péndulo imantado con aditamento gelatinoso.

La determinación de salinidad fue efectuada con un salinómetro Plessey Modelo 6210.

La determinación de nutrientes se efectuó con la técnica y modificaciones de STRICKLAND y PARSON (1968).

El oxígeno disuelto en agua de mar, se realizó mediante el método WINKLER, modificado por CARRITT y CARPENTER (1969).

El análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno se efectuó siguiendo el método descrito por la International Organization for Standarization-ISO 5815 (1983).

Las muestras de clorofila «a» fueron filtradas con membranas de fibra de vidrio Whatmam GF/F, adicionándole carbonato de magnesio y conservándolas en congelamiento hasta su respectivo análisis.

2.2 Análisis de fitoplancton

Se colectaron 14 muestras de plancton superficial, en diferentes estaciones del área de estudio, con una red estándar de fitoplancton de 75 micras de abertura de malla, en arrastres horizontales subsuperficiales durante 5 minutos a velocidades de 3 nudos.

El volumen de plancton se expresa en mililitros por metro cúbico de agua de mar filtrada (mL/m^3).

2.3 Análisis bacteriológico

Para los análisis de colimetría se empleó el método de los tubos múltiples descrito en la APHA (1993).

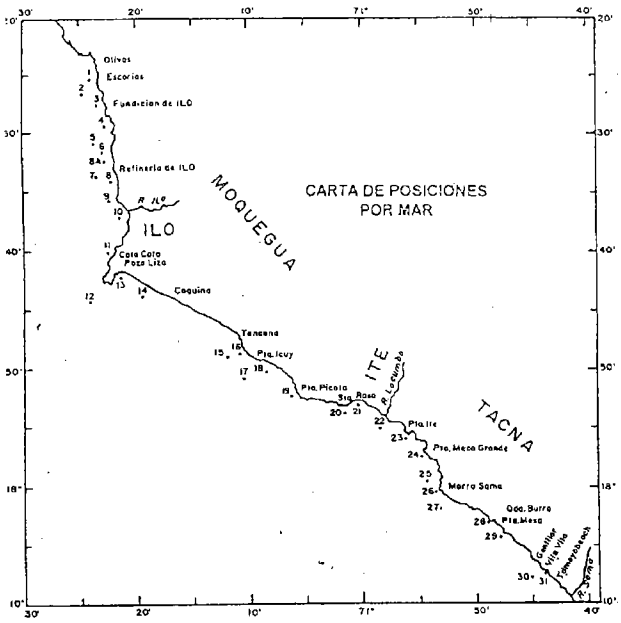

FIGURA 1. Carta de posiciones de las estaciones por mar de las bahías de Ilo e Ite. 28 marzo a 01 abril 1995.

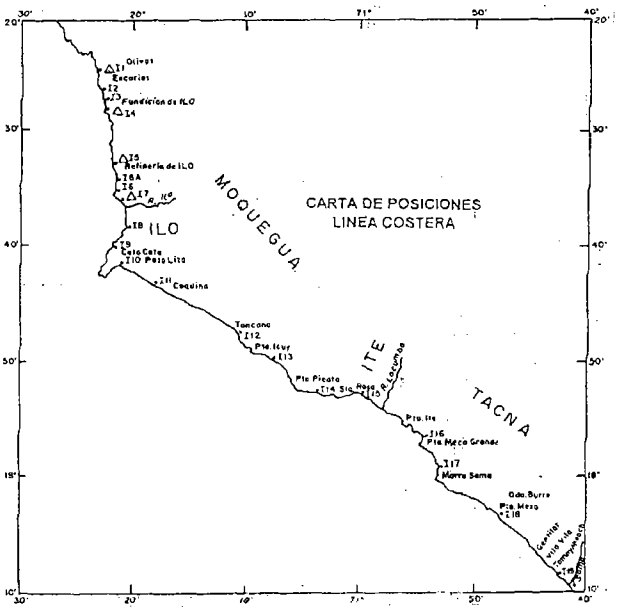

FIGURA 2. Carta de posiciones de las estaciones en la línea costera de las bahías de Ilo é Ite. 28 marzo a 01 abril 1995.

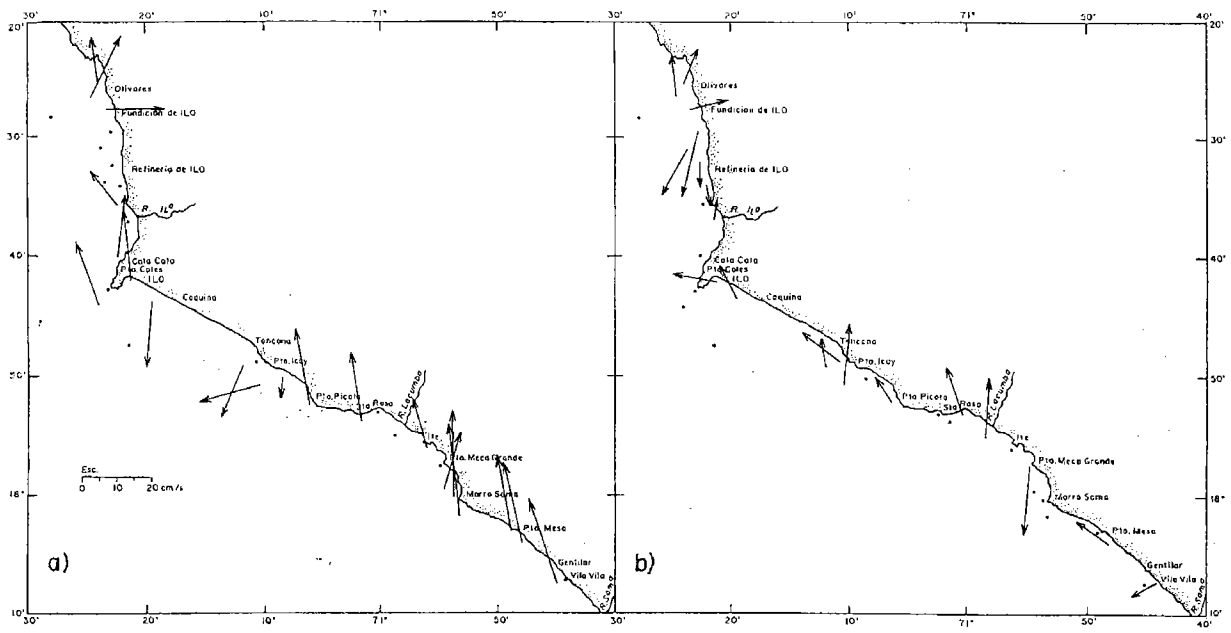

FIGURA 3. Circulación marina en superficie (a) y fondo (b) de las bahías de Ilo é Ite. Marzo 1995.

2.4 Análisis de las comunidades perturbadas de sustrato blando

Para la colección de muestras bénticas de sustrato blando se utilizó la draga Van Veen de 0,05 m^2 en profundidades que variaron de 10 a 29 metros. Se efectuaron 3 réplicas en cada estación.

El análisis comunitario se efectuó calculando los índices de diversidad H' de SHANNON y WIENER, así como de similaridad MORISITA entre estaciones en base a los valores de abundancia de las muestras, aplicando el programa ACOM (NAVARRO 1984). El análisis de clasificación se efectuó aplicando el método aritmético de agrupamiento UPGMA para obtener el dendrograma o análisis «Cluster».

La curva SAB o de «stress» se analizó mediante el método gráfico descrito por PEARSON y ROSENBERG (1978) y la curva ABC de K-dominancia o también Curva Abundancia-Biomasa) según el método recomendado por WARWICK (1986).

2.5 Análisis de metales traza en sedimentos y organismos marinos

Se efectuaron análisis de trazas de metales en sedimentos, según el método modificado de EGGMAN y BETZER (1976) y JOHNSON y MAXWELL (1981) para el tratamiento químico del sedimento, lectura por espectrofotometría de absorción atómica (AA) en sistema horno de grafito 2100 de los metales de cobre, plomo y cadmio.

Para el tratamiento químico de organismos para el análisis de trazas de metales ya mencionados por lectura en el mismo equipo ya señalado se utilizó el método modificado por GORSUCH (1970) y RISBYL (1979). Los análisis fueron realizados por el Laboratorio del Area de Contaminación Marina.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Características físicas y químicas del agua de mar en el área de Ilo, Ite hasta río Sama (Tabla 1)

Circulación marina

En el campo de circulación marina en superficie, se observó velocidades de 7 a 27,5 cm/s, con un promedio de 19,8 cm/s.

Las velocidades de mayor intensidad se registraron al sur de Ilo, con direcciones predominantes hacia el norte, al sur de Punta Picata, mientras que entre Punta Coles y Punta Icuy se observan flujos hacia el sur, suroeste, lo que podría deberse a la convergencia de las aguas en Punta Coles. Igual tendencia de los flujos de corrientes se encontraron durante los trabajos realizados por RESCAN (1994).

De Ilo hacia el norte predominaron los flujos con dirección norte (Fig. 3a).

A un metro del fondo, se presentaron flujos divergentes con predominancia hacia el norte entre Punta Coles e Ite. Frente a la Fundición los flujos van hacia el sur. Las intensidades variaron entre 7 y 17 cm/s (Fig. 3b).

TABLA 1.- RESULTADOS HIDROGRAFICOS Y QUIMICOS DE LA BAHIA DE ILO, COSTA DE ITE A RIO SAMA. DEL 28 DE MARZO A 01 DE ABRIL DE 1995.

EST.	FECHA	LATITUD	LONGITUD	PROF.	TEMP.	OXIGENO	CLOROFILA	SALINIDAD	CORRIENTES MARINAS	
No.	1995	°S	°W	(m)	°C	ml/l	ug/l	‰	VEL(cm/s)	DIRECC(°S0)
1	28-03	17°25.20'	71°24.00'	0	19.1	4.03	33.57	34.99	15.0	355
				12	15.9	1.16	1.41	34.99	11.0	020
2	28-03	17°26.30'	71°24.40'	0	18.4	4.53	13.85	34.98	21.5	0.26
				17	15.6	1.40		34.98	13.0	355
3	28-03	17°27.20'	71°23.35'	0	18.6	3.40	22.66	34.97	17.5	088
				17	15.5	1.07	3.19	34.98	11.0	072
4	28-03	17°29.05'	71.22.52'	0	18.8	3.49	15.11	35.01		
				45	15.2	1.21	11.01	34.99	21.0	195
5	28-03	17°30.40'	71°23.40'	0	18.5	3.22	15.58	34.98		
				12.5	15.5	0.94	1.51	34.95	17.5	210
6	28-03	17°32.03'	71°22.45'	0	18.4	3.64	21.82	35.01		
				12	15.6	1.21	1.76	34.96	7.0	176
7	28-03	17°33.30'	71°23.30'	0	18.0	3.62	8.75	35.02		
					15.1	1.75	1.22	34.98	8.0	273
8	28-03	17°33.55'	71°22.10'	0	17.6	3.09	4.51	35.01		
				12.5	15.8	1.19	2.69	34.94	7.0	163
8A	28-03	17°33.00'	71°22.20	0	17.5			35.00		
				16	17.4			34.94		
9	28-03	17°35.40'	71°22.25'	0	17.5	3.09	3.71	35.00	14.0	326
				18	15.4	1.33	1.80	34.98		
10	28-03	17°37.04'	71°21.30'	0	16.9	3.33	4.51	34.98		
				13	15.9	1.28	1.34	34.95	8.0	013
11	01-04	17°40.00'	71°22.30'	0	18.2	3.42	1.68	34.99	19.0	010
				25	16.7	1.91	0.97	34.98		
12	01-04	17°44.20'	71°24.08'	0	19.4	3.39	1.89	35.02	19.0	3.40
				85.5	15.9	1.43	0.53	34.93		
13	01-04	17°42.05'	71°21.15'	0	19.2	3.69	3.71	35.02	23.0	357
				15.3	16.9	1.64	0.98	34.98	13.0	277
14	01-04	17°43.40'	71°18.20'	0	17.4	2.94	1.03	34.96	19.5	184
				21.5	15.2	1.20	3.44	34.94	12.0	340
15	29-03	17°49.00'	71°11.50'	0	17.3	4.00	7.96		17.5	202
				26	14.7	2.23	0.61	34.98	7.0	354
16	29-03	17°48.48'	71°10.38	0	17.2	2.29	2.39	34.99		
				16	15.6	1.05	1.22		14.0	307
17	29-03	17°50.50'	71°10.20'	0	16.8	2.25	8.09	34.94	19.0	295
				27	14.7	1.05	0.49	34.98	17.0	004
18	29-03	17°50.18'	71°08.10'	0	16.1	2.85	4.38	34.98	7.0	188
				20	15.2	1.43	1.34	34.96		
19	29-03	17°52.15'	71°06.05'	0	16.1	2.,60	4.64	35.13	22.5	352
				28	14.9	1.10	0.64	34.97	10.0	328
20	30-03	17°53.45'	71°01.30'	0	16.9		2.18	34.97	20.5	352
				23	15.1		0.49	34.92		
21	30-03	17°53.00'	71°00.20'	0	18.1	4.65	3.73	35.17		
				12.5	15.7	4.00	1.06	34.90	15.0	344
22	30-03	17°55.00'	70°58.20'	0	16.7	3.95	2.85	34.99		
				12	15.8	3.90	2.06	34.92	17.0	005
23	30-03	17°56.00'	70°56.10'	0	17.1	5.40	3.65	34.97	16.0	345
				10	15.8	2.00	2.06	34.91		
24	30-03	17°57.30'	70°54.40'	0	17.2	4.00	2.90	35.03		
				12	16.2	1.15	1.22	34.98	21.8	188
25	30-03	17°59.30'	70°54.30'	0	17.0	5.50	5.04	35.05	16.0	015
				20	15.5	1.35	5.04	34.96		
26	31-03	18°00.20'	70°53.30'	0	19.5	3.10	4.24		25.0	358
				45	15.0	1.07	1.51			
27	31-03	18°01.45'	70°53.10'	0	19.0	3.57	4.24	35.02	27.5	355
				29	15.0	1.70	2.10	35.03		
28	31-03	18°03.00'	70°48.40'	0	19.4	2.86	3.36	34.99	22.0	352
				20	15.3	0.95	1.96	35.00		
29	31-03	18°04.10'	70°47.50'	0	19.9	3.92	3.57	34.96	24.5	346
				25	15.1	0.85	1.76		13.0	310
30	31-03	18°07.30'	70°45.00'	0	19.3	4.04	3.02	34.99	26.0	343
				17	15.9	2.38	1.43	34.97		
31	31-03	18°07.20'	70°44.00'	0	18.6	3.08	3.06	34.99		
				12.5	15.2	0.96	2.27	34.98	7.0	245

Temperatura

La temperatura superficial del mar (TSM) varió de 16,1 a 19,9 °C, con un promedio de 18,0 °C, observándose valores elevados próximos a la costa, principalmente al sur de Morro Sama con temperaturas hasta 19,9 °C, las bajas temperaturas se presentaron en la zona comprendida entre Punta Icuy y Punta Picata, donde se registraron valores de 16,1 °C (Fig. 4a).

En el fondo se registraron valores de 14,7 a 16,9 °C con un promedio de 15,5 °C. A excepción de un pequeño núcleo de aguas relativamente cálidas que se presentaron alrededor de Punta Coles (>16,5 °C), las otras áreas estudiadas mostraron temperaturas homogéneas de alrededor de 15,5 °C (Fig. 4b).

Oxígeno

A nivel superficial el oxígeno disuelto en agua de mar, presentó un mínimo de 2,25 mL/L en Punta Icuy, lo que estaría indicándonos una posible surgencia en la zona, mientras que el máximo valor de 5,50 mL/L se localizó entre Meca Grande y Morro Sama (Fig. 5a). El oxígeno de fondo presentó concentraciones de 1,0 a 1,5 mL/L en la mayor parte del área de estudio a excepción de Santa Rosa e Ite con los valores mayores de 3 mL/L (Fig. 5b).

Por playas los valores de oxígeno se presentaron más altos, fluctuando entre 2,0 y 6,16 mL/L. Cerca a Fundición se localizaron las concentraciones más elevadas de oxígeno, área donde se encuentran los valores más altos de clorofila y presenta una fuerte rompiente en la zona intermareal.

Según las temperaturas asociadas a los niveles de oxígeno disuelto en el agua de mar de la costa de Ilo, no se puede señalar la intromisión de aguas oceánicas (ASS) a menos de 2 millas de la costa, fenómeno muy usual en esta área, por lo estrecho de su plataforma y los fuertes vientos que le son propios.

Salinidad

A excepción de dos estaciones muy costeras ubicadas entre Santa Rosa y Punta Picata donde se obtuvieron valores de 35,17 y 35,13 ‰ respectivamente, el área de estudio presentó valores propios de Aguas Costeras Frías (34,96 a 35,05 ‰), con los valores más elevados próximos a la costa (Fig. 6a).

La salinidad en el fondo presentó un rango de 34,90 a 35,03 ‰ (Fig. 6b), con predominio de valores menores de 35,0 ‰. La única zona que presentó valores mayores de 35,0 ‰ estuvo ubicada entre Morro Sama y Punta Mesa.

Nutrientes

Los fosfatos con valores < 4,0 ug-at/L se presentaron a nivel superficial al norte de Fundición, mientras que en el fondo predominaron las concentraciones de 2,5 ug-at/L localizando un foco de 5,0 ug-at/L frente a Meca Grande (Figs. 7a y 7b).

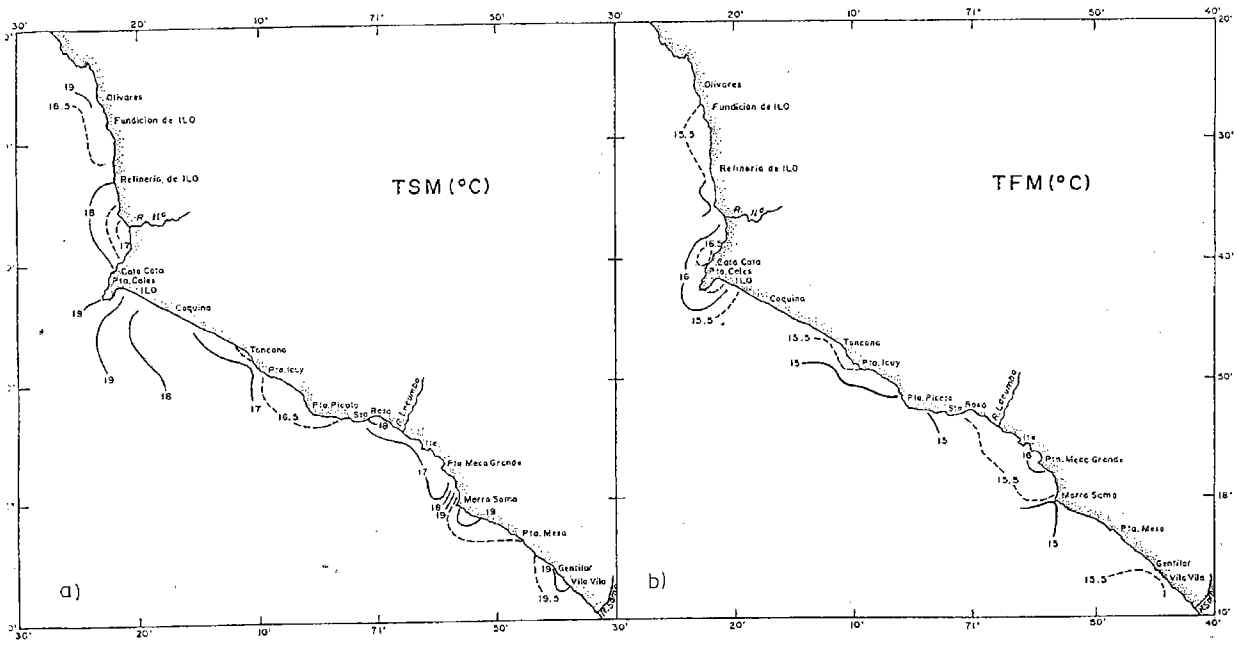

FIGURA 4. Distribución de la temperatura (°C) del mar en superficie (a) y de fondo (b). Bahía de Ilo a río Sama, marzo 1995.

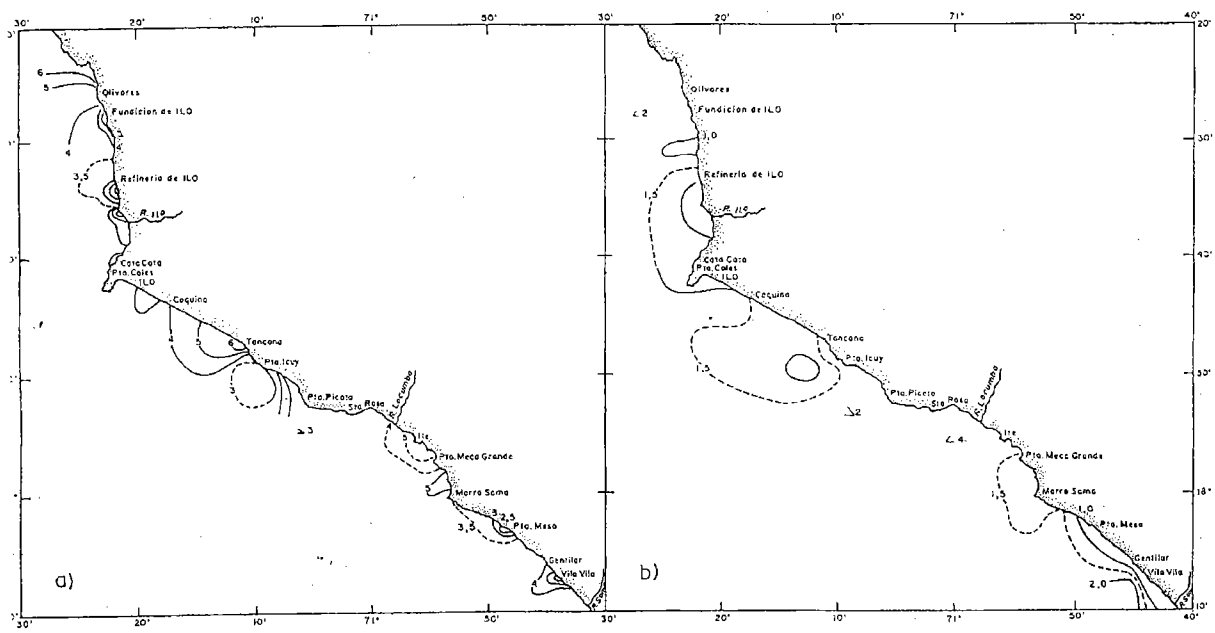

FIGURA 5. Distribución de oxígeno (mL/L) en superficie (a) y de fondo (b). Bahía de Ilo a río Sama, marzo 1995.

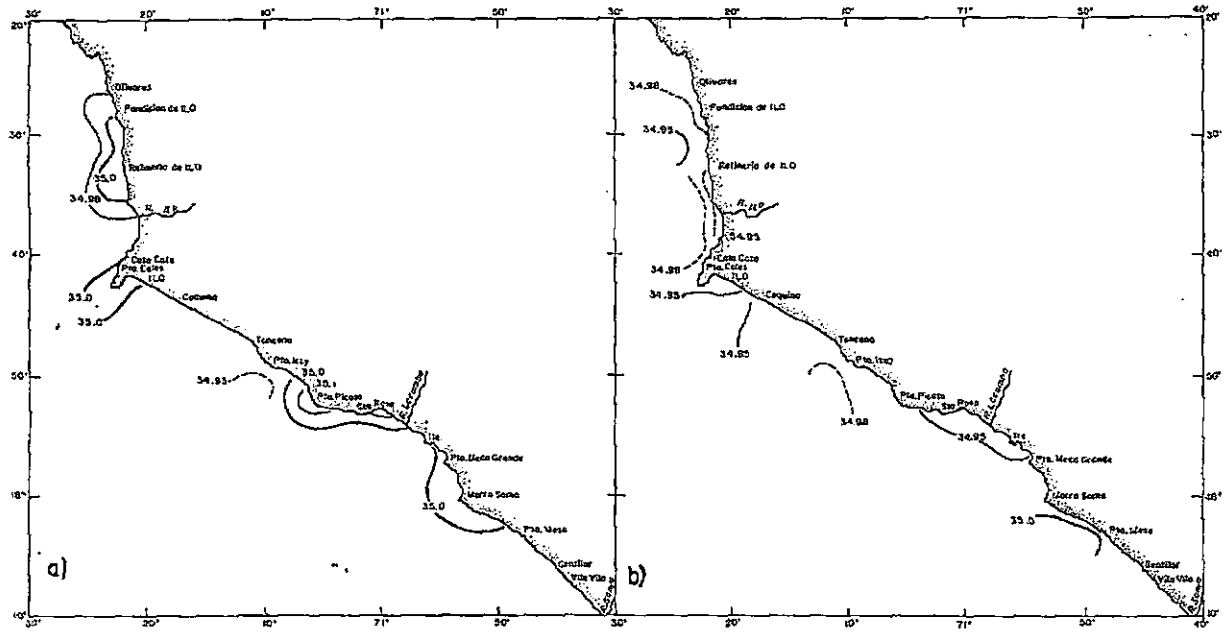

FIGURA 6. Distribución de salinidad (S‰) en superficie (a) y de fondo (b). Bahía de Ilo a río Sama, marzo 1995.

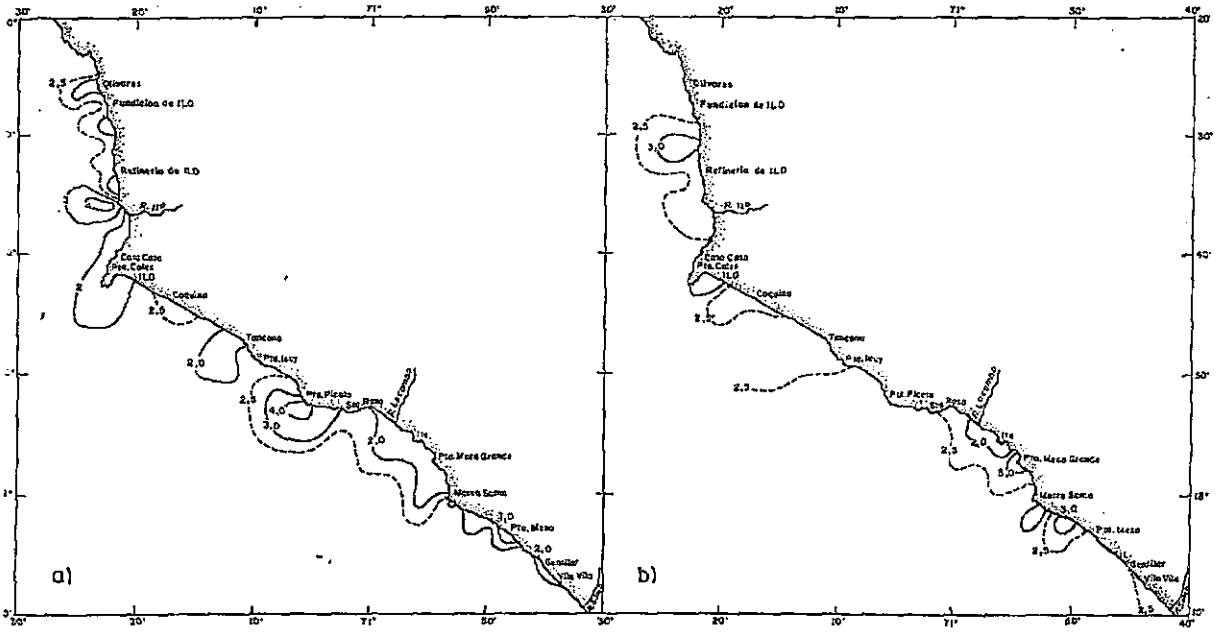

FIGURA 7. Distribución de fosfatos (ug-at/L) en superficie (a) y de fondo (b). Bahía de Ilo a río Sama, marzo 1995.

Silicatos con valores > 20,0 ug-at/L se encontraron en superficie, lo cual se debe a la presencia de las escorias (silicatos) a lo largo de la orilla de costa, ésta fue depositada por más de 20 años como residuos del procesamiento del concentrado de cobre en la Fundición de Ilo. En el fondo se presentaron valores similares a los de superficie (Figs. 8a y 8b).

Los nitratos en superficie alcanzaron valores de 2,5 a 15,0 ug-at/L presentándose la mayor concentración de 15,0 ug-at/L en Punta Icuy, lo que indicó un proceso de surgencia de las aguas subsuperficiales, mientras que en el fondo los nitratos tuvieron concentraciones de 5,0 a 12,5 ug-at/L (Figs. 9a y 9b).

Concentraciones de nitritos < 2,0 ug-at/L se encontraron en gran parte del área de estudio a excepción de las zonas localizadas frente a Punta Picata, Fundición y Punta Mesa. En la primera se obtuvieron valores de 2,0 ug-at/L, lo que nos indica una posible contaminación de origen doméstico, proveniente del área donde se desarrolla la actividad pesquera artesanal (actual caleta de pescadores artesanales).

En cuanto a la planta de Fundición, existe también descarga de desechos domésticos y Punta Mesa presenta la influencia de la descarga del río Sama. Los nitritos en el fondo presentaron la misma característica (Figs. 10a y 10b).

En la zonas intermareal y submareal superior los fosfatos tuvieron un rango de 1,25 a 3,21 ug-at/L frente a Fundición y Morro Sama. Los silicatos alcanzaron 8,82 a 18,14 ug-at/L; el máximo valor se encontró en Tancona y el mínimo al norte de Fundición.

Los nitratos variaron de 3,10 a 17,44 ug-at/L, estos valores estuvieron localizados frente a Tancona y Punta Icuy, lo cual sería interpretado como el mismo proceso de surgencia de aguas hasta la línea de costa. El valor más alto de nitritos se presentó al norte de Fundición con 2,17 ug-at/L. En esta área se encuentran todavía a nivel de playas, como ya se ha mencionado, las escorias, producto de desechos sólidos de la planta de Fundición de Cobre de Ilo y un valor mínimo de 0,88 ug-at/L frente a Punta Icuy.

Clorofila «a»

La clorofila «a» tuvo una distribución irregular con valores de 10,20 y 30 ug/L en la zona norte frente a Fundición, disminuyendo hacia el sur, encontrándose en el fondo concentraciones de 1,0 a 5,0 ug/L (Figs. 11a y 11b).

En las muestras de agua de la zona submareal superior e intermareal, la mayor concentración de clorofila «a» se localizó al norte de Fundición con valores de 6,10 ug/L, lo cual se debería a la presencia de trazas de metales, en especial cobre, que favorece una mayor producción de microalgas, con tendencia a disminuir hacia la zona sur hasta Santa Rosa encontrándose valores de 0,82 ug/L.

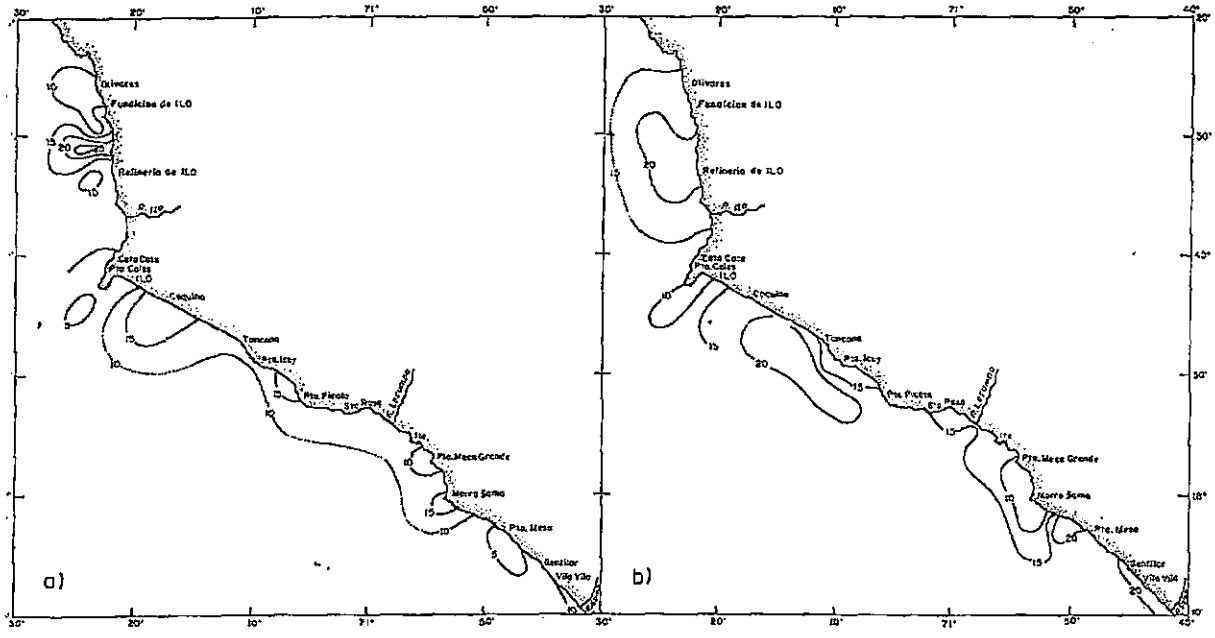

FIGURA 8. Distribución de silicatos (ug-at/L) en superficie (a) y de fondo (b). Bahía de Ilo a río Sama, marzo 1995.

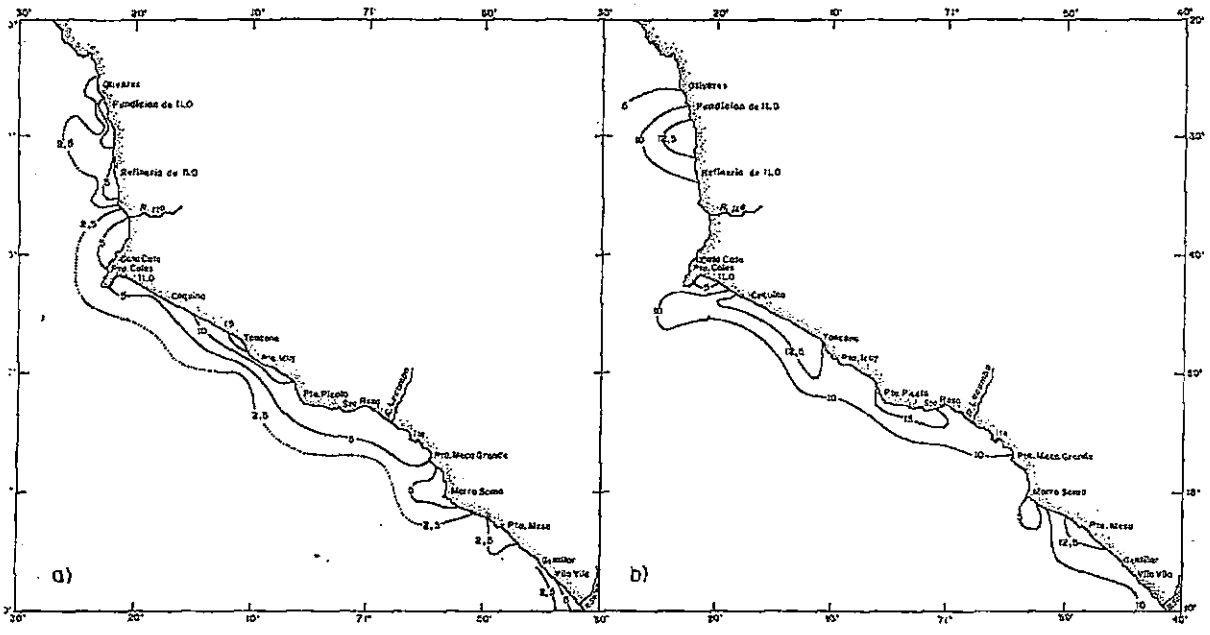

FIGURA 9. Distribución de nitratos (ug-at/L) en superficie (a) y de fondo (b). Bahía de Ilo a río Sama, marzo 1995.

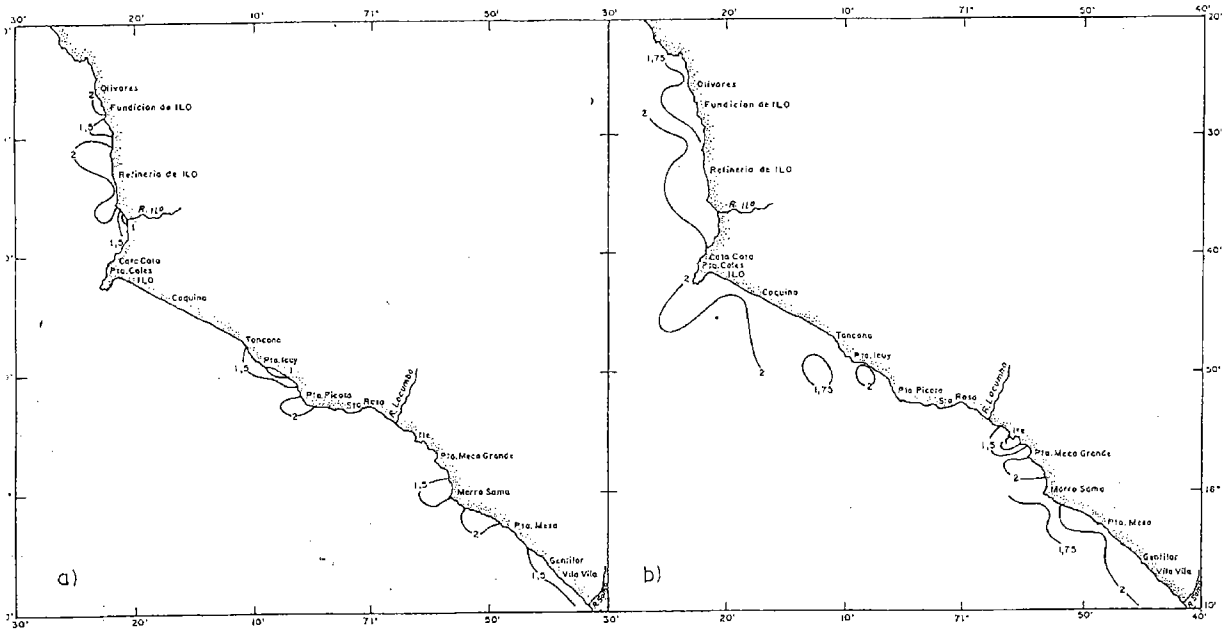

FIGURA 10. Distribución de nitritos (ug-at/L) en superficie (a) y de fondo (b). Bahía de Ilo a río Sama, marzo 1995.

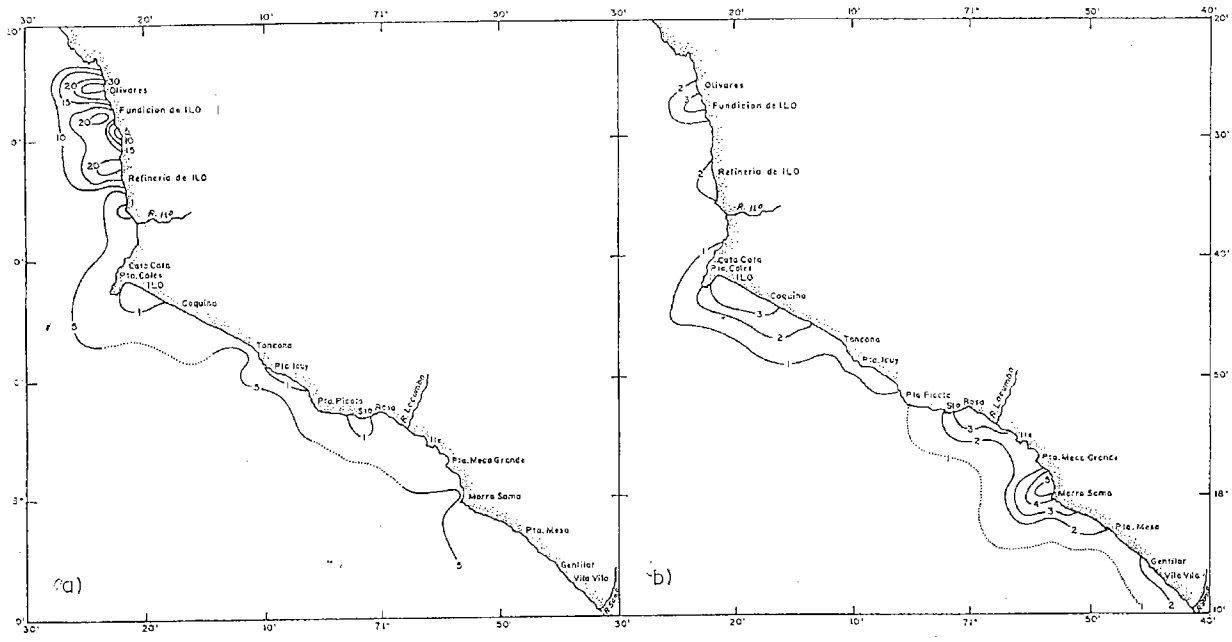

FIGURA 11. Distribución de clorofila "a" (ug/L) en superficie (a) y de fondo (b). Bahía de Ilo a río Sama, marzo 1995. 28 marzo al 01 abril 1995.

3.2 Estructura de la comunidad fitoplanctónica

Las muestras de fitoplancton superficial presentaron volúmenes que oscilaron entre 0,29 mL/m^3 y 3,88 mL/m^3, estaciones: 5 (norte de la bahía de Ilo) y 18 (Santa Rosa) respectivamente, asociados a temperaturas que fluctuaron entre 16,1 °C y 19,4 °C.

Los resultados dan un amplio dominio de las diatomeas (Tabla 2), constituyendo 98 % del fitoplancton presente.

La mayoría de las diatomeas son especies neríticas como Hemiaulus sinensis, *Chaetoceros affinis;* también se presentaron especies de aguas cálidas por la intromisión de especies subtropicales superficiales, siendo las más abundantes *Proboscia alata f. indica* y *Planktoniella sol.* Además se presentó gran diversidad de dinoflagelados cosmopolitas como *Ceratium furca, Ceratium fusus* y *Protoperidinium depressum.*

El zooplancton estuvo representado por los grupos copépodos, nauplios y radiolarios.

Las altas concentraciones de plancton se observaron en la zona entre Tancona y Punta Picata. Un primer núcleo se ubicó en la estación 16 (2,9 mL/m^3) representado por *Asterionellopsis glacialis, Detonula pumila, Chaetoceros lorenzianus* y el dinoflagelado *C. furca.* Un segundo núcleo se localizó en la estación 18 (3,88 mL/m^3), donde predominaron diatomeas de afloramiento costero como: *Lauderia borealis, D. pumila, C. lorenzianus* y *Ditylum brightwellii.* Un tercer núcleo se determinó en la estación 19 (3,77 mL/m^3), también con predominio de diatomeas de afloramiento costero: *D. pumila, C. affinis* y *Rhizosolenia chunii,* asociadas a dinoflagelados cosmopolitas: *Ceratium tripos* de cuernos cortos y *C. furca.*

En la zona norte de Ilo entre los 17°29'05" y 17°35'40" los volúmenes fueron menores, cuyos rangos estuvieron entre 0,29 y 0,35 mL/m^3. El volumen máximo de 0,35 mL/m^3 se presentó en la estación 4 (al sur de la Planta de Fundición) predominando especies oceánicas como *Proboscia alata f. indica* y *P. sol* asociados a dinoflagelados cosmopolitas y especies productoras de mareas rojas como *Gymnodinium splendens.* Este volumen alto al norte de Ilo coincide con el mayor valor de clorofila «a» obtenido frente a la Planta de Fundición de Ilo.

3.3 Fuentes terrestres de contaminación marina de Ilo e Ite

En la costa norte de Ilo, se encuentra la planta Fundición de cobre que opera en la elaboración de cobre ampolloso proveniente de las minas ya mencionadas, así como la Refinería de cobre, donde también se obtiene oro y plata.

En la costa de Ite, la problemática de contaminación marina hasta fines de 1995, se presentó por la descarga de relaves de las concentradoras de las minas de cobre de Toquepala y Cuajone, cuya operación se encuentra a cargo de la empresa Southern Perú desde hace 35 y 20 años respectivamente; estas descargas al mar alcanzaban un volumen de 107 x 10^3 t/ día.

TABLA N° 2.- Resultado del análisis cualitativo de fitoplancton de la bahía de Ilo, Tancona a Vila-Vila. 28 de marzo - 01 de abril de 1995.

ESTACION	4	5	9	11	13	16	18	19	21	23	24	27	28	31
TEMPERATURA (°C)	18.8	18.5	17.5	18.2	19.2	17.2	16.1	16.1	18.1	17.1	17.2	19,0	19.4	18.6
VOLUMEN (mL/m3)	0,35	0,29	0,32	0,63	0,47	2,90	3,88	3,77	0,63	0,74	0,75	0,78	0,69	0,68
DIATOMEAS														
Asterionellopsis glacialis	0	0	0	1	0	4	2	4	1	4	2	1	0	1
Chaetoceros affinis	3	1	1	4	2	4	1	1	1	3	3	3	2	3
Chaetoceros atlanticus	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
Chaetoceros lorenzianus	1	2	1	3	1	4	4	3	2	4	3	1	1	0
Coscinodiscus sp.	1	2	1	2	3	2	2	1	2	1	2	1	1	2
Detonula pumila	1	1	2	2	2	3	2	4	1	1	1	1	2	1
Ditylum brightwellii	3	3	1	1	1	3	3	1	3	1	3	1	2	3
Eucampia zoodiacus	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	0
Hemiaulus sinensis	1	2	1	1	2	1	1	1	1	3	2	1	1	1
Lauderia borealis	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	1
Lithodesmium undulatum	0	1	1	3	2	3	2	3	1	1	2	1	1	1
Planktoniella sol	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Proboscia alata f. *Indica*	2	3	1	2	1	1	1	1	1	3	1	1	2	2
Rhizosolenia chunii	0	0	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	0	0
Stepahnophyxis palmeriana	0	0	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1
Thalassionema nitzschioides	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	0	1	0	1
DINOFLAGELADOS														
Ceratium furca	1	1	2	3	3	1	1	1	1	2	3	2	1	2
Ceratium fusus	2	0	1	1	0	1	1	1	1	2	2	1	1	2
Ceratium tripos c. c.	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1
Gymnodinium splendens	0	1	2	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1
Protoperidinium conicum	1	1	1	2	0	1	1	1	0	2	1	1	0	2
Protoperidinium depressum	2	1	3	1	2	1	0	1	0	0	2	1	2	3
Protoperidinium obtusum (ACF)	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Protoperidinium pellucidum	1	1	2	1	2	1	0	1	1	2	1	1	0	1
SILICOFLAGELADOS														
Dictyocha fibula	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
OTROS														
Copepodos	1	3	3	3	4	1	1	1	1	0	0	1	1	2
Nauplios	0	3	1	2	2	0	1	1	0	0	1	1	1	1
Radiolarios	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1

LEYENDA

Ausente	0
Presente	1
Poco abundante	2
Abundante	3
Muy abundante	4

ACF = AGUAS COSTERAS FRIAS

Los relaves fluían paralelamente al río Locumba, tomando su cauce a 20 km del punto de descarga en el mar, el río fue derivado y encausado a través de un canal para irrigar las pampas de Ite y proporcionar agua a la ciudad de Ilo.

La descarga de los relaves en Playa Inglesa, Ite a 50 km de Ilo, ocasionan la dispersión estratificada de los sedimentos desde la playa hasta alcanzar los sedimentos más finos el fondo marino frente a Morro Sama (RESCAN 1994).

Además del efecto físico de la descarga, existe el problema de carácter químico originado por la formación de ácido en la zona aledaña de la playa; ésta se presenta por la oxidación de la pirita, que se encuentra depositada en la playa, al solubilizarse con el agua de filtración del subsuelo que existe en esta playa.

Otras fuentes de contaminación las constituyen las actividades pesquera y agrícola, especialmente en Ilo.

La primera se desarrolla a través de la pesca industrial que se realiza casi todo el año, con producción de harina y aceite de pescado y conservas en menor cantidad. En la zona de Cata-Cata, Ilo se encuentran 3 fábricas de harina, habiendo producido en el año 1993 la cantidad de 121 688 t de harina y 15 311 t de aceite de pescado según SÁNCHEZ y MUÑOZ (1995). Actualmente en la costa norte de Ilo, frente a Refinería y sur de Fundición se han instalado 2 nuevas plantas reductoras de pescado con autorización de producción de 100 t/h.

La actividad agrícola se desarrolla a lo largo del angosto valle de Ilo, siendo su principal cultivo el olivo, existiendo un reducido porcentaje (10%) de hectáreas cultivadas con la siembra de hortalizas, tubérculos y frutales (SÁNCHEZ y MUÑOZ 1995).

SÁNCHEZ y MUÑOZ (1995) efectuaron un estimado de cargas contaminantes que provienen de la ciudad de Ilo por sus residuales líquidos domésticos, alcanzando las siguientes cifras: caudal de vertimiento 3 005 526,65 m^3/año; el DBO5 811,08 ; el DQO la cantidad de 1811,55; los sólidos suspendidos 823,43; los sólidos totales 1502,76; nitrógeno 135,87 y fósforo 16,47 t/año. Estos valores estimados de cargas contaminantes que se generan en la ciudad de Ilo vienen siendo tratadas por una planta ubicada a cinco kilómetros de la ciudad de Ilo, la cual cuenta con una laguna con sistema de aireación y cinco lagunas facultativas, donde se aplica el sistema de fotosíntesis para una degradación más intensa.

Ciudad Nueva de Ilo también cuenta con sistema de tratamiento de aguas servidas en un 100% de cobertura, aplicando en éste lodos activados por aireación extendida.

3.4 Indicadores de contaminación microbiológica

Se analizaron los indicadores microbiológicos de contaminación por desechos municipales a lo largo de la costa de Ilo desde la playa Pozo de Lisas hasta Los Olivares. Los valores de coliformes fecales y enterococos (Tabla

3) fueron bajos a comparación de otras áreas del litoral peruano como la costa central del Perú (Lima-Callao, SÁNCHEZ *et al.*, 1994), donde se alcanzan valores muy por encima de lo permitido por la Ley General de Aguas vigente en el Perú (Ministerio de Salud, 1983).

El único valor de coliformes fecales que se encontró ligeramente superior a lo permitido por Ley, se obtuvo en la estación 6A (Media Luna), área donde se descarga en forma discontinua las aguas tratadas de una laguna de estabilización de la ciudad de Ilo, administrada por SEDA-ILO.

Los valores obtenidos indican que las aguas domésticas son tratadas adecuadamente, y que el agua de mar dentro de las 2 millas presenta buena calidad microbiológica.

3.5 Evaluación de las comunidades perturbadas de sustrato blando.

Los resultados analíticos de la infauna bentónica son buenos indicadores de la contaminación marina, por lo cual el estudio sobre estructura de la comunidad, su diversidad y el grado de perturbación son aplicados en las áreas

TABLA 3.- Indicadores de contaminación fecal en la bahía de Ilo y de Tancona hasta Playa Inglesa, Ite. 27 al 30 de marzo de 1995.

ESTACIÓN COSTERA	FECHA	OXIGENO mL/L	COLIFORMES FECALES NMP/100 mL	ENTEROCOCOS FECALES NMP/100 mL
I-1 EXT. NORTE OLIVARES	29/3/95	6.16	930	430
I-2 EXT. NORTE ESCORIAS	29/3/95	5.72	430	230
I-6 EXT. SUR REFINERIA	29/3/95	6.12	< 3	< 3
I-6A MEDIA LUNA*	29/3/95	6.12	< 3	< 3
I-7 BOCA DE RIO ILO	27/3/95	2.00	< 3	< 3
I-8 TERMINAL PESQ. ILO	27/3/95	2.14	15×10^2	430
I-10 PLAYA POZO LISA	29/3/95	5.63	< 3	ND
I-11 500 m PLANTA COQUINA	29/3/95	3.94	< 3	< 3
I-12 TANCONA-HUACA LUNA	27/3/95	5.72	75	ND
I-13 PLAYAS DE ICUY	27/3/95	5.88	43	< 3
I-14 ENSENADA PTA.PICATA	30/3/95	ND	930	230
I-15 PLAYA INGLESA - ITE	30/3/95	ND	< 3	ND

* Descarga de Aguas Tratadas, SEDA-ILO.
ND : No Determinado

TABLA 4.- PRESENCIA EN N° Ind/0.05 m2 DEL MACROZOOBENTOS DE FONDO BLANDO DE LA BAHIA DE ILO.
28 DE MARZO AL 01 DE ABRIL DE 1995.

Especie/Estación	1	2	3	5	6	7	8	8A	9	10	11	13	14	Suma	%
Profundidad (m)	12	17	17	12.5	12	29	12.5	16	18	13	25	15.3	21.5		
NEMATODA									414		17324			17738	62.7916
COELENTERATA															
Anthozoa									9					9	0.0319
NEMERTEA		19	13	4	1	1	4	1	1	23	4	8	5	84	0.2974
ECHIURIDA										2				2	0.0071
PLATYHELMINTHES															
Turbellaria												1		1	0.0035
MOLLUSCA															
Nassarius gayi						3	2							5	0.0177
Oliva peruviana		2	1	1			3		1	3		2	2	15	0.0531
Polinices uber										1				1	0.0035
Solen macha										4			1	5	0.0177
Caecum sp.										7		4		11	0.0389
Polinices sp.									1				5	6	0.0212
Semelidae(juv)										183				183	0.6478
Gastropoda n.i.		1												1	0.0035
Pelecypoda n.i.(juv)												3		3	0.0106
ANNELIDA															
Polychaeta															
Cossura chilensis	2							6						8	0.0283
Glycera americana						1			5	1		1		8	0.0283
Goniada peruana	13	41	6			46		6	44	28			172	356	1.2602
Leitoscoloplos chilensis		1				4		3				1		9	0.0319
Magelona phyllisae						1	1	1						3	0.0106
Parandalia fauveli						2								2	0.0071
Paraprionospio pinnata											14	1		15	0.0531
Prionospio peruana	96	563	3	389	75	375	256	80	2646	200		17	1390	6090	21.5583
Sigambra bassi	1	1				2		3	6	1			1	15	0.0531
Spiophanes bombix									1					1	0.0035
Aricidea sp.	8	16			3	73		46	21	18			20	205	0.7257
Chaetozone sp.								1			352			353	1.2496
Lumbrineris sp.						9		3			2			14	0.0496
Mediomastus sp.									7		64			71	0.2513
Nephtys sp.	4	31	26	8	9	3	24	4	15	27		6	25	182	0.6443
Onuphis sp.			1			1		2						4	0.0142
Phyllodoce sp.													1	1	0.0035
Cirratulidae	8	12											4	24	0.0850
Dorvilleidae											4			4	0.0142
Hesionidae					13	1			3		4			21	0.0743
Maldanidae						4			2					6	0.0212
Nereidae											4			4	0.0142
Polynoide								1	2					3	0.0106
Sigalionidae						1								1	0.0035
Spionidae							1		12		60			73	0.2584
Syllidae						7		1			2			10	0.0354
Polychaeta n.i.				9										9	0.0319
ARTHROPODA															
Crustacea															
Mursia gaudichaudii					1									1	0.0035
Caprella sp.							1		12			1	6	20	0.0708
Lepidopa sp.		3										1		4	0.0142
Pinnixa sp.									2		1			3	0.0106
Majidae									1	1				2	0.0071
Paguridae			5			3					4			12	0.0425
Amphipoda	11	61	3		2	103	166		96	216	4	185	698	1545	5.4692
Amphipoda I							43							43	0.1522
Amphipoda II							4							4	0.0142
Cumacea		5	3		1		155			37		648	33	882	3.1222
Euphausiacea		2					24				2	57	9	94	0.3328
Isopoda							49		11	9				69	0.2443
Crustacea n.i.									1					1	0.0035
ECHINODERMATA															
Ophiuroidea	1					7			3					11	0.0389
N° de Especies	9	14	9	5	8	20	14	14	24	17	15	15	15		
N° de individuos	144	758	61	411	105	647	733	158	3316	761	17845	936	2372	28247	100

donde se vienen realizando programas de vigilancia del medio marino para asegurar la calidad del medio marino y la salud humana. De tal forma que se trataron por separado, las muestras comprendidas desde la estación 1 (Los Olivares) hasta la estación 14 (sur de Pozo de Lisas) y desde Tancona (Est.15) hasta Vila-Vila (Est. 31).

Estructura de la comunidad béntica

Bahía de Ilo

El análisis comunitario de la zona de Ilo comprendió de la estación 1 a la 14, abarcando con ello desde los 17°25'20" S, Los Olivares hasta los 17°43'43" S sur de Pozo de Lisas, con profundidades que variaron de 12 a 29 metros.

La estructura de la comunidad, que habita fondos blandos, fue analizada tanto cualitativa como cuantitativamente, así también se determinaron los índices de diversidad (SHANNON-WIENER), enriquecimiento o equidad (complemento del índice de PIELOU) y dominancia (índice de PIELOU) de las especies considerando su abundancia.

En la Tabla 4 se observa que el número de grupos taxonómicos o especies por estación varió de 5 a 24. Esta variabilidad estuvo muy relacionada a la profundidad de las estaciones bentónicas sublitorales y al tipo de sustrato. En el primer caso, se puede señalar que un menor número fue determinado de 9 a <20 metros de profundidad. En cuanto al tipo de sustrato la estación 9 que presentó el mayor número, es el área orgánicamente enriquecida por el vertimiento discontinuo de la laguna de estabilización de SEDA-ILO, la presencia del grupo Nematoda en forma abundante, así como las especies de los poliquetos *Prionospio peruana,* las familias Spionidae, Nephtyidae Polyonidae y Capitellidae, que según KARPINSKI (1985) son poliquetos de rápida multiplicación llamados oportunistas y tienen como principal fuente de alimento el detritus orgánico, por lo tanto son buenos indicadores de este tipo de contaminante biológico.

La estación 11 situada en la zona de Cata-Cata al norte de las plantas pesqueras, también presentó una comunidad béntica muy similar, donde los nematodes fueron los más representativos.

En general en esta área se presentan especies de poliquetos que son sensitivas o indicadoras de contaminación (CARRASCO y GALLARDO, 1989) como: *Prionospio peruana, Chaetozone* sp., *Nephtys* sp., *Sigambra bassi, Goniada peruana,* así como la presencia de crustáceos Amphipoda.

En la Tabla 5 se aprecia el índice de diversidad de SHANNON-WIENER (H') del macrobentos de la bahía de Ilo, donde los mayores valores se obtuvieron al norte de la desembocadura del río Ilo, en especial a partir de la zona de la Refinería de Ilo hasta Boca Río (río Ilo) con un valor máximo de 2,637 bits/individuo con representatividad de los grupos taxonómicos de moluscos, crustáceos, poliquetos. La diversidad más pobre se presentó en la zona de Cata-Cata (plantas pesqueras), que también fue la estación con el más alto índice de dominancia, representado por los nemátodes.

TABLA 5.- Análisis del macrozoobentos de fondo blando de la bahía de Ilo.
28 de marzo - 01 de abril 1995.

Estación	N° Especies	N° Individuos	H'	Equidad	Dominancia
1	9	144	1.779	0.561	0.439
2	14	758	1.535	0.403	0.597
3	9	61	2.46	0.776	0.224
5	5	411	0.393	0.169	0.831
6	8	105	1.471	0.49	0.51
7	20	647	2.068	0.479	0.521
8	14	733	2.49	0.654	0.346
9	24	3316	1.164	0.254	0.746
10	17	761	2.637	0.645	0.355
8A	14	158	2.145	0.563	0.437
11	15	17845	0.24	0.061	0.939
13	15	936	1.428	0.366	0.634
14	15	2372	1.587	0.406	0.594
Media	13.8	2173	1.646	0.448	0.552
D. S.	5.1	4804	0.746	0.203	0.203

En cuanto al análisis de similitud de Morisita aplicado a las muestras correspondientes a la bahía de Ilo (Fig. 12) se obtuvo dos agrupamientos. El grupo I conformado por las estaciones del norte de la bahía de Ilo, desde los Olivares hasta la Refinería de Ilo, con profundidades que variaron de 12 a 29 metros, donde los moluscos estuvieron representados principalmente por la especie *Oliva peruviana,* los poliquetos estuvieron presentes con 17 especies y el crustáceo del orden Cumacea fue el grupo taxonómico más característico.

El grupo II estuvo conformado por las estaciones del sur de la bahía de Ilo comprendida desde la Refinería de Ilo hasta Pozo de Lisas con profundidades

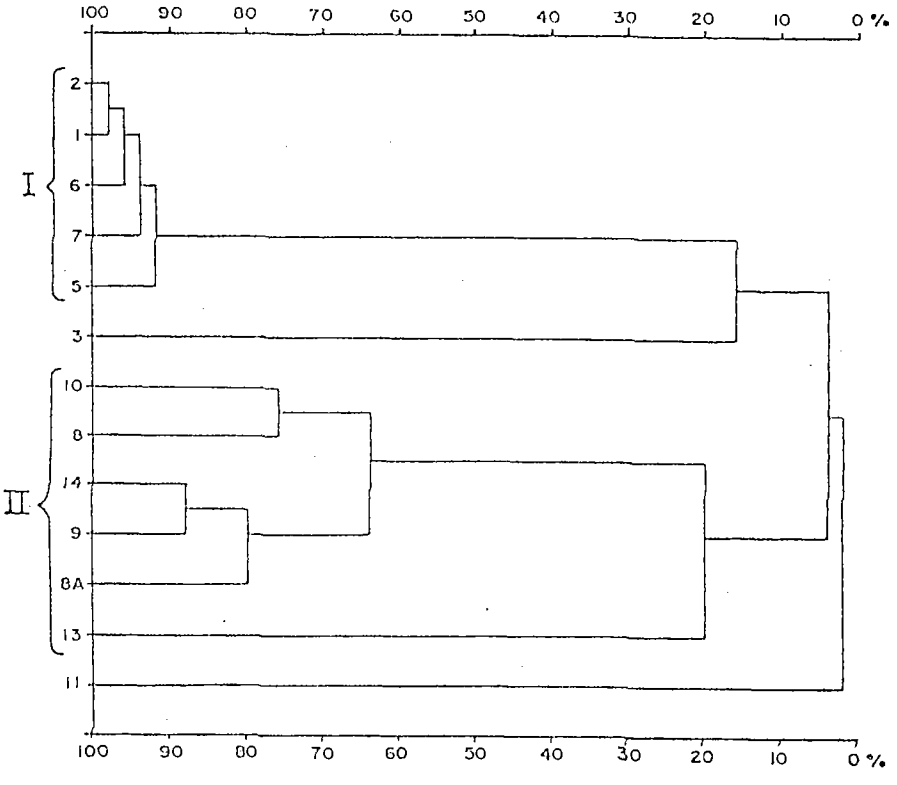

FIGURA 12. Dendograma del análisis comunitario de similitud de Morisita (modificado por Horn) de la bahía de Ilo. 28 marzo al 01 abril 1995.

de amplitud de 12,5 a 18 metros. Tanto los moluscos como los crustáceos tuvieron una mayor representatividad en estas estaciones, con juveniles de Semelidae y del grupo de anfípodos respectivamente. La Estación 11 (Cata-Cata) prácticamente con un insignificante porcentaje de similitud, presentó al grupo Nematoda como su principal componente, ningún grupo de moluscos estuvo presente y muy escasos representantes de los crustáceos.

Zona de Tancona hasta Vila Vila

En la Tabla 6 se presenta la estructura comunitaria, donde está incluida el área de Ite, la cual recibe la mayor influencia de la descarga de los relaves, lo cual se refleja en el número de especies por estación obtenida durante el muestreo, el cual varió de 5 a 21 taxones. El número de indiviuos varió de 10 a 1763 ind/0,05 m^2.

En esta área, hubo muy pobre presencia de moluscos y crustáceos, siendo los poliquetos los más representativos tales como: *Prionospio peruana, Aricidea* sp., *Mediomastus* sp., *Cossura chilensis, Magelona phyllisae* y el grupo taxonómico de los anfípodos asociados a un moderado tenor de oxígeno disuelto sobre la superficie del fondo < 4 mL/L . La declinación de la variedad de especies se debe a la descarga de los relaves en Ite, cuyos sedimentos más finos llegan al sur de Morro Sama.

A partir de Punta Mesa (Quebrada del Burro) el número de especies de crustáceos y moluscos se incrementan notoriamente, a pesar de los bajos valores de oxígeno disuelto sobre la superficie del fondo (0,85 a 0,96 mL/L). En cuanto a la pobreza en número y abundancia de ejemplares frente a Vila Vila se debe al tipo de sustrato de arena gruesa, en la cual se desarrolla una comunidad con menor presencia de poliquetos.

En el análisis de diversidad (H') de Shannon y Wienner aplicado a los datos de macrobentos de la costa sur de Moquegua y Tacna, en la Tabla 7 podemos apreciar que estos valores fueron altos, presentando una amplitud de 1,163 a 3,332 bits/ind. Sin embargo, el número de especies e individuos fue muy bajo entre las estaciones 21 a 25 que cubre el área de Ite norte hasta el norte de Morro Sama (Punta San Pablo), donde la influencia de la descarga de relaves se hace evidente, en especial en la Est. 22 (Ite, frente a la descarga de los relaves) donde se encontraron 6 especies o grupos taxonómicos y 10 individuos, conformados por poliquetos como *Prionospio peruana, Goniada peruana, Magelona phyllisae, Leitoscolopios chilensis* y *Mediomastus* sp., muchos de los cuales son catalogados como especies oportunistas, por la habilidad que tienen de respuesta a situaciones extremas. Otro grupo presente fue Platyhelminthes, Turbellaria.

Igualmente, se aplicó el índice de Morisita para obtener el nivel de similitud que presenta la comunidad béntica con respecto al número de sus especies e identificados por las estaciones de muestreo. Se obtuvieron 3 agrupamientos:

El grupo I (Fig. 13), conformado por las estaciones ubicadas desde Punta Picata al norte de Morro Sama en profundidades que variaron entre 10 y 26 metros, donde la evidencia del impacto de los relaves es directo, existe

TABLA 6.- PRESENCIA EN N° Ind/0.05 m2 DEL MACROZOOBENTOS DE FONDO BLANDO DESDE ITE A RIO SAMA. DEL 28 DE MARZO AL 01 DE ABRIL DE 1995.

ESPECIE/ESTACION	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	28	29	31	Total	%
PROFUNDIDAD (m)	26	16	27	20	26	23	12.5	12	10	12	20	20	25	12.5		
NEMERTEA			2		1	2					1	1	1		8	0.1623
PLATYHELMINTHES																
Turbellaria								2	1	2	39				44	0.8929
MOLLUSCA																
Nassarius gayi												1			1	0.0203
Oliva peruviana		1										3	4		8	0.1623
Solen macha									4						4	0.0812
Caecum sp.	10			2	4								60		76	1.5422
Donax sp.						1									1	0.0203
Protothaca sp.	1														1	0.0203
Gastropoda (juv)													4		4	0.0812
Pelecypoda n.i.(juv)													1		1	0.0203
ANNELIDA																
POLYCHAETA																
Cossura chilensis			1	1	19	498	2		11	10	890	3			1435	29.1193
Glycera americana				2	1	4									7	0.1420
Goniada peruana	8		6	5	2	33	4	1	3	12	11	5	25		115	2.3336
Leitoscoloplos chilensis			1		8	35	2	1		2	64		6	1	120	2.4351
Magelona phyllisae			1		24	15	10	1	6	15	391	2			465	9.4359
Parandalia fauveli					3	12					10				25	0.5073
Paraprionospio pinnata					1						1				2	0.0406
Prionospio peruana		33	41	26	36	195	3	4	4	3	125	565	162	21	1218	24.7159
Sigambra bassi			1		4	15				2	7	5	2		36	0.7305
Sthenelais helenae											2				2	0.0406
Aricidea sp.	2	1	3		11	5					1	2			25	0.5073
Lumbrineris sp.			1												1	0.0203
Mediomastus sp.						174	160	1		11	1				347	7.0414
Nephtys sp.	2		5	3	5	82	2		2		161	3	38	13	316	6.4123
Onuphis sp.	4		2		2	3					2		1		14	0.2841
Phyllodoce sp.	3														3	0.0609
Syllis sp			3		4										7	0.1420
Tharix sp.											5				5	0.1015
Cirratulidae				3			1								4	0.0812
Maldanidae										1					1	0.0203
Onuphidae					2										2	0.0406
Sabellidae			1			7	1			1	2				12	0.2435
Sigalionidae						5									5	0.1015
Spionidae II	8											1			9	0.1826
ARTHROPODA																
CRUSTACEA																
Caprella sp.									1		23				24	0.4870
Lepidopa sp.													2		2	0.0406
Paguridae												3			3	0.0609
Xanthidae			2												2	0.0406
Amphipoda		9		14	3	9	10			2	4	422	23	3	499	10.1258
Cumacea	4	2										4	22	6	38	0.7711
Isopoda					1					1	1		1		4	0.0812
ECHINODERMATA																
Ophiuroidea			4	1	1	3					22	1			32	0.6494
N° especies	9	5	15	9	19	18	10	6	8	12	21	15	15	5		
N° Individuos	42	46	74	57	132	1098	195	10	32	62	1763	1021	352	44	4928	100

TABLA 7.- Análisis del macrozoobentos de fondo blando de la bahía de Ite.
28 de marzo - 01 de abril 1995.

Estación	N° Especies	N° Individuos	H'	Equidad	Dominancia
15	9	42	2.869	0.905	0.095
16	5	46	1.241	0.535	0.465
17	15	74	2.557	0.654	0.346
18	9	57	2.313	0.730	0.270
19	19	132	3.332	0.784	0.216
20	18	1098	2.488	0.597	0.403
21	10	195	1.163	0.350	0.650
22	6	10	2.322	0.898	0.102
23	8	32	2.615	0.872	0.128
24	12	62	2.960	0.826	0.174
25	21	1763	2.249	0.512	0.488
28	16	1022	1.289	0.322	0.678
29	16	355	2.552	0.638	0.362
31	6	55	2.169	0.839	0.161
Media	12.1	353	2.294	0.676	0.324
D. S.	5.3	542	0.653	0.194	0.194

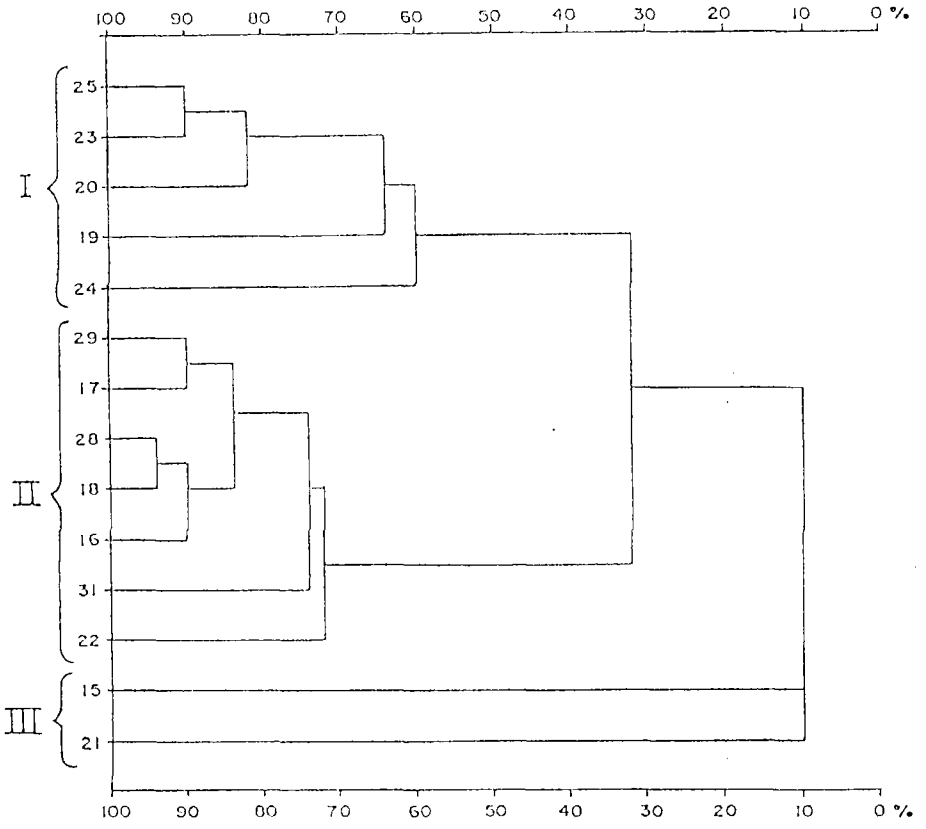

FIGURA 13. Dendograma del análisis comunitario de similitud de Morisita (modificado por Horn) desde Tancona hasta Vila Vila.

escaso número de especies e individuos con presencia de poliquetos, lo que es lo más característico, conformado por las especies *Prionospio peruana; Cossura chilensis* y el capitélido *Mediomastus* sp.

La agrupación II que está conformada por las estaciones situadas frente a las playas de Icuy con profundidades que estuvieron dentro de los 16 a 27 metros y estaciones ubicadas frente a Quebrada del Burro y Vila Vila, donde además de los poliquetos que son los más abundantes, también se identificaron moluscos como *Caecum* sp., *Oliva peruviana, Nassarius gayi* y crustáceos como anfípodos y juveniles de decápodos braquiuros. El grupo III, conformado por dos estaciones, presenta escaso número de especies.

En la Tabla 8 se describe el tipo de sedimento observado, durante la colecta de las muestras, destacando la presencia de arena fina con escasa conchuela fina, desde Los Olivares (Est. 1) hasta frente a la Refinería de Cobre (Est. 8A), situación que se interrumpe hasta la estación 15 al norte de las playas de Icuy. Las estaciones 9 y 10 presentaron una arena fangosa - arcillosa como consecuencia del proceso de sedimentación que ocurre en esta área por el acarreo de material terrígeno del río Ilo que descarga en la línea costera.

En las estaciones 11 a 14 se hizo evidente la presencia de arena gruesa con conchuela, que luego a partir de la estación 15 nuevamente presenta arena muy fina de color plomo oscuro que son los sedimentos más finos de los relaves que se vertían al mar en Playa Inglesa, en este tipo de sedimento existe un ligero olor a anhidrido sulfuroso. A partir de la estación 22 a la 24

TABLA 8.- Tipo de sustrato del Area estudiada de las bahías de Ilo e Ite. 28 de marzo - 01 de abril 1995.

Estación	DESCRIPCION DEL SEDIMENTO
1	Arena fina y gruesa en parches, presencia de pradera de Macrocystes sp.
2	Arena fina con escasa conchuela
3	Arena fina con escasa conchuela, color negro, presencia de poliquetos y ermitaños.
4	Sustrato rocoso.
5	Arena fina con grava, escasa conchuela fina y presencia de poliquetos
6	Arena fina, presencia de poliquetos y cangrejos
7	Arena fina, con tubos de poliquetos
8	Arena fina con escasa conchuela, presencia de poliquetos y caracoles.
8A	Arena fina con abundante conchuela de valvas de choritos, color gris oscuro, moderado olor a sulfídrico
9	Arena fangosa-arcillosa, presencia de micas, se observaron caracoles, poliquetos y cangrejos.
10	Arena fangosa-arcillosa presencia de poliquetos.
11	Arena gruesa con conchuela, presencia de tubos de poliquetos, color negrusco, ligero olor a sulfídrico.
13	Arena gruesa con poca conchuela, presencia de caracoles y crustáceos.
14	Arena gruesa, escasa conchuela, presencia de poliquetos y caracoles.
15	Arena fina color plomo oscuro, cobertura de parches del sustrato rocoso.
16	Arena fina color plomo oscuro, similar a la estacion anterior.
17	Arena fina, presencia de poliquetos y cangrejos juveniles
18	Arena fina con escasa conchuela, presencia de poliquetos.
19	Arena fina, presencia de poliquetos.
20	Arena fina color plomo oscuro, presencia de poliquetos.
21	Arena fina color plomo oscuro, moderado olor a sulfídrico.
22	Arena gruesa, presencia de silicatos y micas color negrusca.
23	Arena gruesa, presencia de silicatos color negrusco.
24	Arena gruesa, color plomo oscuro.
25	Arena fina, abundante conchuela de bivalvos de color gris oscuro, olor a sulfidrico
27	Sustrato rocoso.
29	Arena fina, escasa conchuela gris oscura, presencia de caracoles, presenta también sustrato rocoso.
30	Sustrato rocoso.
31	Arena fina con conchuela fina y gruesa, color gris oscuro.

se registra arena gruesa conformada por silicatos y micas que es el material de sedimento más grueso de los relaves. El sedimento en las estaciones más al sur está conformado de arena fina depositado en parches sobre un sustrato rocoso con conchuela tanto fina como gruesa.

Curva abc de k-dominancia o de perturbancia

Se analizaron los patrones de la estructura comunitaria de fondo blando con la finalidad de determinar el grado de perturbancia que presentaba la comunidad béntica, siguiendo la metodología descrita por WARWICK (1986), en la bahía de Ilo y de Punta Santa Rosa a Punta San Pablo.

En la bahía de Ilo, se presenta una moderada perturbación (Fig. 14), considerando los datos de las estaciones frente a las plantas de Fundición, Refinería y a los vertimientos discontinuos de la laguna de estabilización (extremo de la ciudad de la Refinería) y muy próximo a la desembocadura del río Ilo, cuyas aguas escasamente en los meses de verano llegan al mar, donde acarrean sedimentos terrígenos que se encontraron en las estaciones 10 y 9.

En Ite, la comunidad béntica presentó una perturbación más fuerte (Fig. 15), apreciándose una biomasa más pobre que la abundancia, donde los poliquetos fueron los organismos más representativos de la comunidad. En el análisis se tomaron en cuenta las estaciones comprendidas entre Punta Santa Rosa, el extremo norte de Playa Inglesa hasta la estación 25 (al norte de Punta San Pablo), en ello se abarcó el área más comprometida con la descarga de los relaves mineros.

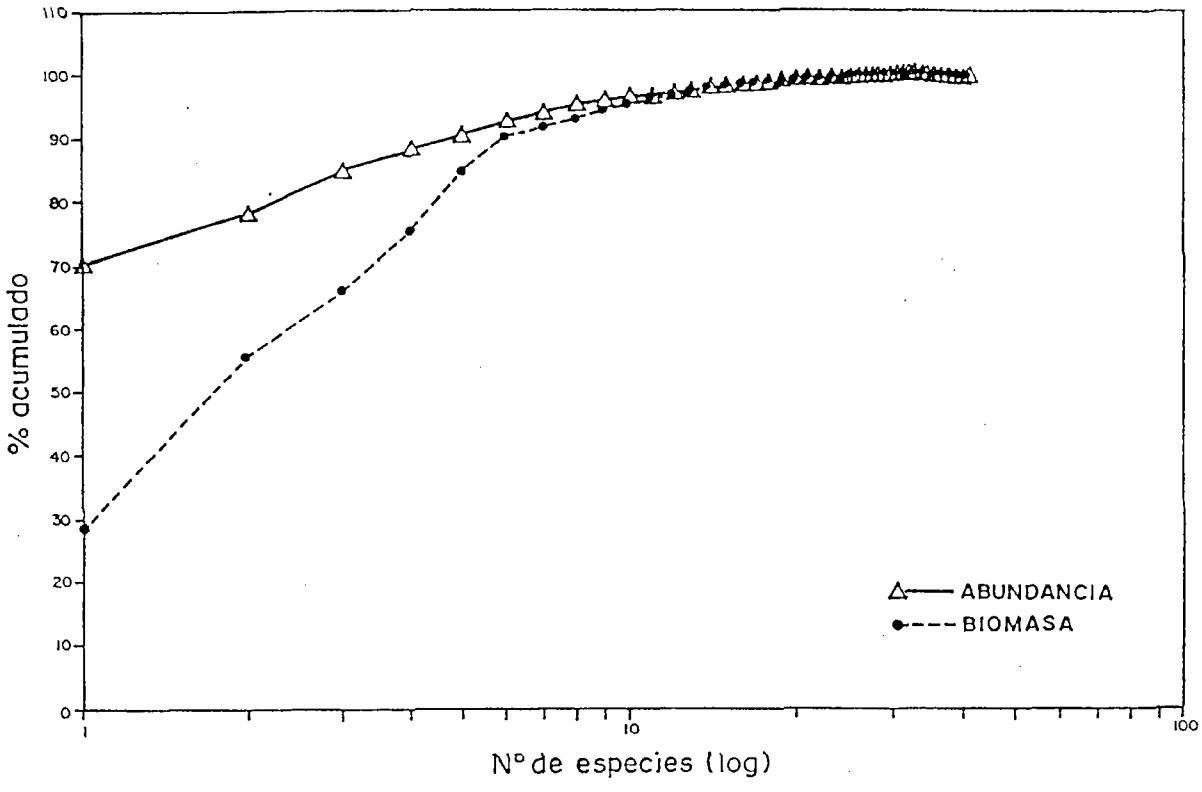

FIGURA 14. Curva de K-Dominancia de la comunidad béntica de sustrato blando entre el sur de Fundición y sur de Refinería (Ilo). 28 marzo - 01 abril, 1995.

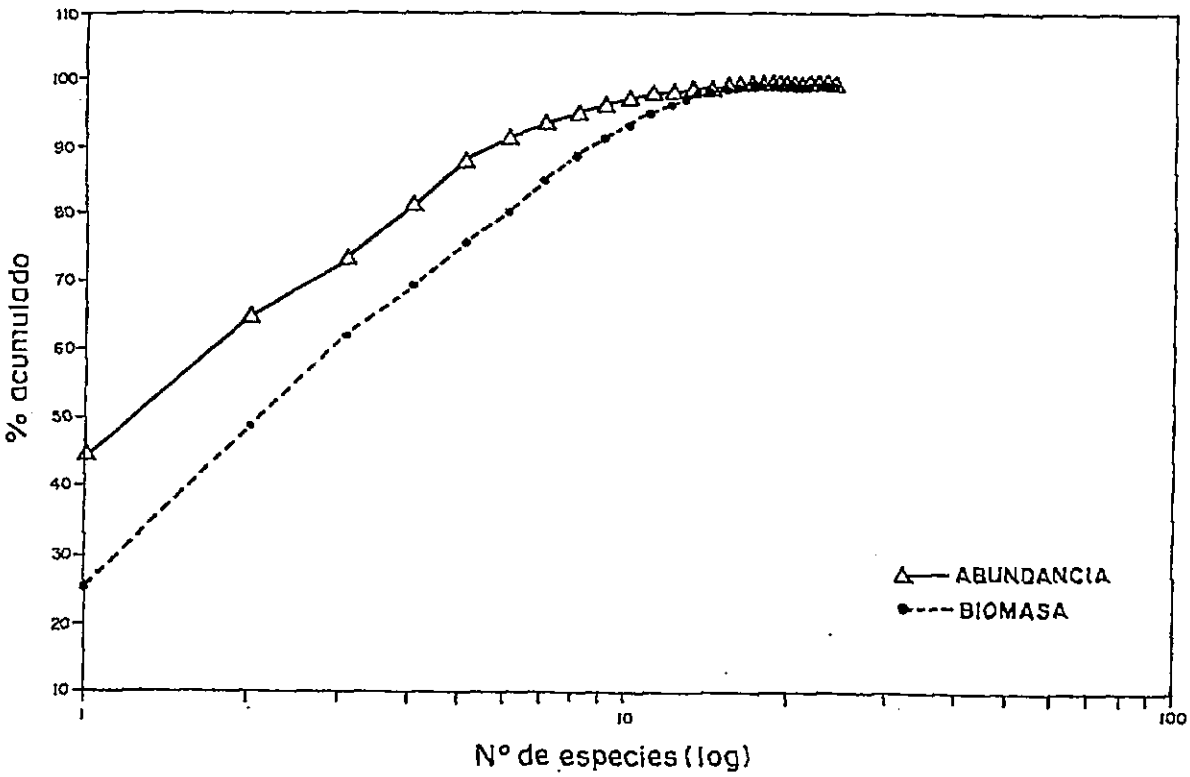

FIGURA 15. Curva de K-dominancia de la comunidad béntica de sustrato blando entre Tancona y Vila Vila, 28 marzo - 01 abril de 1995.

Curva de stress o sab

La evaluación gráfica del stress de las comunidades bénticas de Ilo (Fig. 16) nos indica a partir de la estación 7 y con mayor claridad en la estación 9, la abundancia es alta manifestada por la presencia de nematodes y el poliqueto *Prionospio peruana,* espiónido generalmente dominante en esta área y especialmente en aquélla que presenta materia orgánica. En esta área se encuentran las descargas de la Planta de Refinería de cobre de Ilo, de una de las plantas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad y muy cercana a la desembocadura del río Ilo. La estación 6 se presenta como un área no perturbada, con representantes del grupo de los crustáceos como *Mursia gaudichaudii,* un buen indicativo de la calidad del medio acuático, que además en toda la bahía presenta a nivel superficial concentraciones de oxígeno disuelto > 3 mL/L .

El SAB (Fig. 17) obtenido en la zona de Ite, abarcando ésta desde la estación 21 a la 25, nos indica un marcado stress, donde los poliquetos como *Magelona phyllisae, Prionospio peruana* y el capitelido *Mediomastus* sp. estuvieron presentes en esta área, el sedimento en esta zona, de diferente dimensión proviene de los relaves mineros que se vierte en Ite. Como ya se ha mencionado, las partículas más finas del relave se encuentra sedimentado al sur de Punta San Pablo (Morro Sama). El número de especies fue muy pobre en especial la abundancia en la zona de influencia directa de la descarga del relave (Est. 22).

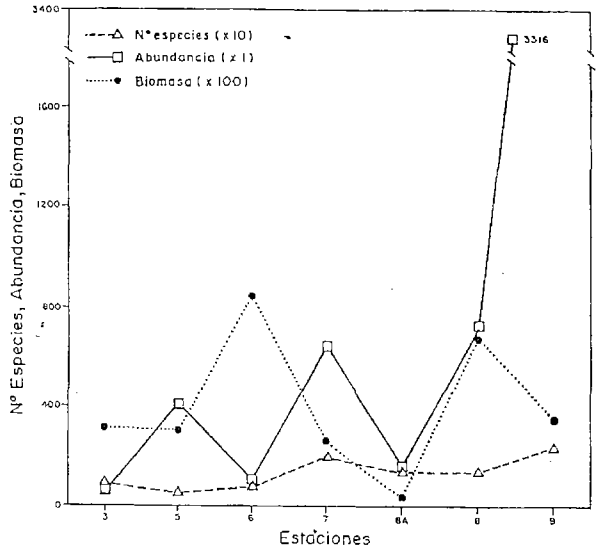

FIGURA 16. Curva de la comunidad béntica de sustrato blando entre sur de Fundición y sur de Refinería (Ilo) 28 marzo - 01 abril 1995.

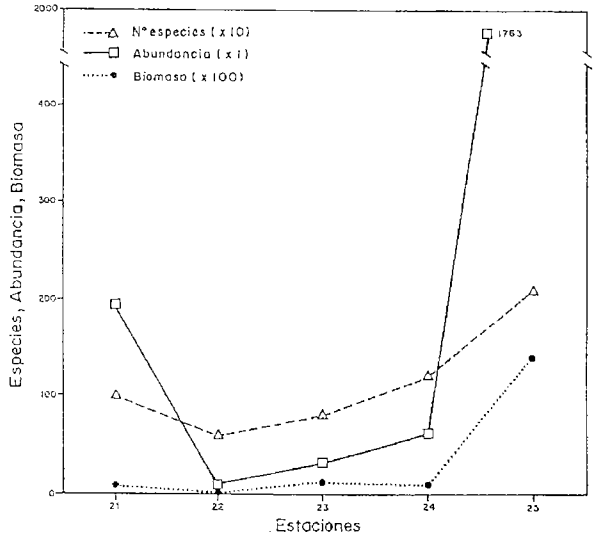

FIGURA 17. Curva SAB de la comunidad béntica de sustrato blando entre Santa Rosa y norte de Morro Sama (Ite), 28 marzo - 01 abril 1995.

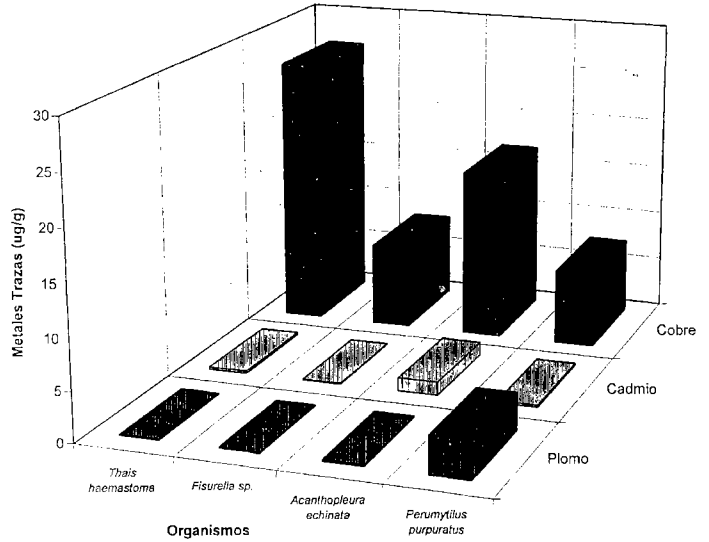

FIGURA 18. Concentración de metales trazas en organismos marinos de la bahía de Ilo. 28 marzo a 01 abril 1995.

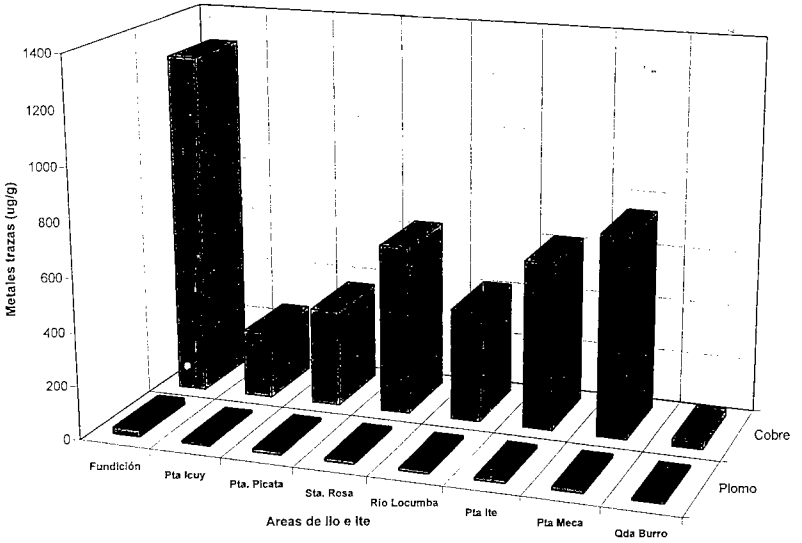

FIGURA 19. Concentración de metales trazas en sedimentos en las bahías de Ilo e Ite. 28 marzo a 01 abril 1995.

3.6 Evaluación de metales trazas en sedimentos y bioacumulación en organismos marinos

Sedimentos

La concentración de metales traza, principalmente cobre, fue alta en los lugares de influencia de descargas de la actividad minero- metalúrgica, tal como se puede apreciar en la Fig. 19 donde este elemento alcanzó los 1280,66 ppm frente a la Planta de Fundición. Estas concentraciones, si las comparamos con los estándares de trazas de cobre en sedimentos establecido por la Agencia Ambiental de Canadá, están muy por encima del nivel de Efecto Severo para este metal que es de 100 ppm (peso seco) y que es el valor usado como límite permisible para decisiones de manejo (EPA de Canadá, 1992).

En la bahía de Ilo las concentraciones obtenidas en las otras cinco estaciones al sur de Fundición, fluctuaron entre 33,70 y 67,12 ppm, por lo cual la presencia de alta concentración de cobre en sedimentos en la bahía de Ilo es puntual y con clara evidencia de la fuente de contaminación.

La concentraciones de plomo en la bahía de Ilo es poco significativa donde se han obtenido valores que han fluctuado de 8 a 25 ppm.

La presencia de trazas de cobre en sedimentos se hace evidente nuevamente a partir de Punta Icuy, al norte de Ite con la mayor concentración frente a Punta Meca donde alcanza 750 ppm; en esta zona, son seis estaciones que presentaron valores de trazas de cobre por encima de los 200 ppm con una amplitud de 253 a 750 ppm. Como se aprecia en la Fig. 19 esto se debe a la descarga de relaves de las concentradoras de cobre que ha vertido, tal como se ha manifestado, por más de 32 años estos lodos al mar en playa Inglesa, Ite, cubriendo los sustratos rocosos de Playa Inglesa con los sedimentos más gruesos, creciendo la playa con el relave, acumulándose hasta los 100 metros de profundidad (aproximadamente 13 km de la orilla de playa). El material fino de relaves ha sido transportado principalmente hacia el sur alcanzando Punta San Pablo (Morro Sama), es por ello que la mayor concentración de cobre trazas en sedimento se encontró al sur de la desembocadura del río Locumba.

Organismos

Los organismos marinos, principalmente los moluscos que habitan las zonas rocosas intermareales y submareales superiores, están expuestos a sustancias o efluentes de diverso origen y características que se vierten al medio marino. Ellas pueden o no ser tóxicas y que en caso de no producir la muerte, estos moluscos como la mayoría de invertebrados, tienden a bioacumular las sustancias que ingresan principalmente a través de su sistema digestivo, en los tejidos musculares y en especial el visceral como el hepatopáncreas y gónadas, por estar constituidos de tejidos grasos.

Se efectuaron análisis de 4 especies de moluscos con diferentes hábitos alimenticios como los filtradores el chorito *Perumytulus purpuratus* y el

chiton *Acanthopleura echinata* que rae la superficie del sustrato, ingiriendo toda partícula adherida sobre el sustrato. Con excepción del chorito que fué colectada frente a la Planta de refinería de Ilo, las otras 3 fueron colectadas frente a la zona de escorias y la Planta de Fundición de Cobre de Ilo.

Se determinaron las concentraciones trazas de cobre, del cual se obtuvieron los más altos valores, en las cuatro especies colectadas, (Fig. 18), siendo el caracol verde *Thais haemastoma* la especie que presentó el mayor valor con 26,68 ug/g de cobre.

La presencia de trazas de cadmio en las cuatro especies colectadas fueron bajas y fluctuaron de 0,10 a 1,34 ug/g, este último valor se obtuvo en Acanthopleura echinata colectada al sur de la Planta de Fundición de Cobre de Ilo.

Los valores de trazas de plomo en los moluscos colectados fluctuaron de <0,12 a 3,71 ug/g. Este valor fue obtenido de la parte blanda del chorito colectado frente a la zona de descarga de efluentes de la Planta Refinería de Cobre de Ilo.

Estos valores de metales trazas de plomo y cadmio son similares a lo reportado por RESCAN (1994)en organismos capturados entre Morro Sama (Punta San Pablo) y la Quebrada del Burro (Fig. 2, I-17 a I-18) en su informe sobre trazas de metales con diferentes organismos como el caso de invertebrados como *Acanthopleura echinata* donde los valores obtenidos de los análisis de esta especie colectada en enero de 1993 variaron de <0,05 a 0,06 y 3,07 a 3,67 ppm respectivamente, mientras que en cobre el rango fue de 4,72 a 11,6 ppm. El mismo informe presenta los valores de *Fissurella crassa* con trazas de cobre tan altos como de 217 ppm y en *Thais chocolata* de 1680 ppm que es reflejo de la presencia de metales trazas que son descargados por los relaves en playa Inglesa; la bioacumulación observada en las especies colectadas en el estudio mencionado, supera los estándares establecidos por Canadá, Australia y países asiáticos donde el valor alcanza los 100 ppm para cobre, niveles a los que es tóxico para el hombre.

4. CONCLUSIONES

a. En las características hidrológicas se puede señalar que el régimen de corrientes tuvo un promedio de 19,8 cm/s y que las mayores intensidades de la velocidad de corrientes se obtuvieron al sur de Ilo, con dirección al norte; mientras que Punta Coles a Punta Icuy dominaron corrientes con flujos sur a suroeste.

b. El promedio de la TSM fue de 18 ºC, los mayores valores se registraron al sur de Morro Sama con temperaturas de hasta 19,9 ºC.

c. El oxígeno disuelto del mar y la salinidad obtenida en el área de estudio presentaron valores propios de Aguas Costeras Frías.

d. Los valores de nutrientes obtenidos en las diferentes áreas reflejaron, en muchos de los casos, contaminación por la actividad minero metalúrgica, como los valores de silicatos mayores de 20,0 ug - at/L en zonas con presencia de escorias de la Planta de Fundición de Cobre situada al norte de Ilo y de nitratos altos

mayores de 3,0 a 17,44 ug - at/L en la zona comprendida entre Tancona y Punta Icuy como consecuencia de aguas del proceso de surgencia hacia la costa.

e. Los altos valores de clorofila "a" encontrados en la zona norte de Ilo indicaron alta productividad, debido probablemente a los procesos de eutroficación.

f. Las diatomeas fueron el grupo mejor representado con especies de afloramiento costero como *Detonula pumila, Lithodesmium undulatum* y *Eucampia zoodiacus* y la presencia de *Protoperidinium obtusum*. La estructura de la comunidad fitoplanctónica en el área estudiada nos indica condiciones normales de aguas costeras frías.

g. La costa de la bahía de Ilo no presentó valores indicativos de contaminación fecal, por lo que se infiere que las aguas servidas tratadas mediante lagunas de estabilización y lodos activados tienen un resultado exitoso.
h. La evaluación de efectos sobre comunidades bénticas de fondo blando en la bahía de Ilo mostró especies de poliquetos sensitivas o indicadores de contaminación, con una pobre diversidad en la zona de Cata - Cata y alto índice de dominancia de nemátodes.

i. La comunidad béntica distribuida en la zona de influencia de la descarga de los relaves mostró muy pobre presencia de moluscos y crustáceos, los poliquetos más representativos fueron la especie *Prionospio peruana* y el capitélido *Mediomastus* sp.

j. La aplicación de la curva ABC de K dominancia mostró una moderada perturbación de la bahía de Ilo y una fuerte en Ite, donde la biomasa fue más pobre que la abundancia de especies.

k. La curva SAB o de stress , igualmente presenta a Ite como un área de marcado impacto en cuanto a la comunidad béntica de la zona.

l. Las concentraciones de metales trazas en sedimentos fueron altas frente a la Planta de Fundición con valores analíticos de hasta 1280,66 ppm en cobre.

m. Los valores de los metales trazas de cobre, cadmio y plomo en organismos marinos como chiton Acanthopleura echinata, el caracol *Thais haemostoma* y el chorito *Perumytilus purpuratus* no superaron estándares internacionales establecidos por países como Canadá, Australia y algunos países asiáticos.

Agradecimiento

Los autores quieren expresar su reconocimiento al Ing. Qco. Manuel Guzmán por el apoyo brindado en los análisis de trazas de metales efectuados a las muestras de sedimentos y organismos. Así también al Sr. Ismael Zárate por la especial dedicación en la confección de los dibujos y cartas.

5. Referencias

ANCIETA,F. 1960. Informe Preliminar sobre los efectos de los relaves de la Mina Toquepala sobre la fauna marina. Dirección Pesca y Caza, Ministerio de Agricultura. Lima, Perú.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1993. American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 14th Edition, Washington, D.C.

CARRITT, D. y J. CARPENTER, 1969. Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water. J.Mar. Res. 24: 286-238.

DAMES y MOORE 1976. Marine Environmental studies tailings discharge. Ite. Peru. Southern Perú Copper Corporation. New York.

INTERNATIONAL STANDARS. 1983. Water quality - Determination of biochemical oxygen demand after n day (BODn). Dilution and seeding method. ISO 5815. International Standard. 12 pp.

MINISTERIO DE SALUD DEL PERÚ. 1983. Modificaciones a los Artículos 81º y 82º . Reglamentos de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas. Decreto Supremo Nº007-83-SA. Perú.

NAVARRO R A. 1984. Programa computacional para análisis numérico de comunidades: diversidad y sobreposición. Medio Ambiente, 7: 82-87.

PEARSON T.H. y R. ROSENBERG. 1978. Macrobenthic succesion in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. Mar. Biol.Ann. Rev. 16:229 -311.

PEARSON T. H., J. GRAY, P. JOHANNESSEN. 1983. Objetive selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities.2.Data analyses. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol.12: 237-255.

RESCAN. 1994. Submarine Tailings Disposal. Rescan Consultants Inc. Vancouver, Canada.

SÁNCHEZ, G. y E. HOLLEMWEGUER. 1991. Effect of the pollution on the coastal fisheries in the southern region of Peru. In : Regional Co-operation on Environmental Protection of Marine and Coastal Areas of the Pacific Basin, UNEP 1991. Regional Seas Report and Studies (134):35-41.

SÁNCHEZ, G., O. MORÓN, G. LI y S. CASTILLO. 1994. Evaluación microbiológica y aislamiento de *Vibrio cholerae* en agua de mar y organismos marinos. Informe Técnico IMARPE.

SÁNCHEZ G. y A. MUÑOZ.1995. Contaminación Marina en Perú Proveniente de Fuentes de Origen Terrestre. Informe de Consultoría CPPS/PNUMA.

STRICKLAND, J. y T. PARSONS. 1968. Manual of Sea Water Analysis. Fish. Res. Bd Canadá. 125:3-203.

VALCÁRCEL, G., F. VALDEZ y R. VERNAL. 1974. Investigación sobre la Contaminación de las Aguas en el litoral Peruano. Dirección de Investigaciones Tecnológicas del Ministerio de Pesquería. Perú.

WARWICK, R. M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. Mar.Biol.92: 557-562.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1986. Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Aire, Agua y Suelo. Traducción SUDAE de México/ECO/OPS.