

**EFFECTO DE LOS CONTAMINANTES DERIVADOS DE LA INDUSTRIA  
DE LA HARINA DE PESCADO EN LA BAHIA DE TODOS  
SANTOS, BAJA CALIFORNIA**  
**EFFECTS OF POLLUTERS FROM FISHMEAL INDUSTRIES IN  
BAHIA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA**

Por/By:

Ignacio Rivera Duarte<sup>1</sup>  
Katsuo Nishikawa Kinamura<sup>2</sup>  
Sergio A. Sañudo Wilhelmy<sup>1</sup>  
José A. Segovia Zavala<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, Ensenada, B.C.

<sup>2</sup> Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, B.C.

RIVERA DUARTE, Ignacio, *et al.*, Efecto de los contaminantes derivados de la industria de la harina de pescado en la Bahía de Todos Santos, Baja California. Effects of polluters from fishmeal industries in Bahía de Todos Santos, Baja California. *Ciencias Marinas* 12(2): 69-84 (16)

## RESUMEN

Se estudiaron algunos parámetros físico-químicos de la columna de agua, en superficie y fondo, en un área que abarca desde Punta San Miguel hasta Punta Morro, con cinco kilómetros de anchura, dentro de la Bahía de Todos Santos, B.C., determinándose propiedades *indicadoras* de contaminación por materia orgánica como son la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, amoníaco, oxígeno disuelto, además de las propiedades hidrológicas normalmente utilizadas (temperatura, salinidad, pH)

Los efectos de la contaminación muestran un patrón de variación con valores mayores en verano y menores en invierno; esto en concordancia con la época de mayor y menor producción pesquera. La distribución superficial presenta altos gradientes perpendiculares a la costa, especialmente en verano. Las zonas más afectadas corresponden principalmente a las áreas de descarga y en general el grado de contaminación decrece con la distancia, siendo detectada hasta a un kilómetro fuera de la costa en verano. Además el efecto contaminante es más marcado en el fondo.

Se evidencia que la capacidad de asimilación del cuerpo receptor es suficiente, en el plazo de un ciclo anual, para restablecer las condiciones naturales de la calidad del agua en cuanto a los parámetros ambientales determinados.

## ABSTRACT

Some physicochemical parameters from sea water were studied, in an area from Punta San Miguel to Punta Morro, five kilometers wide, inside of Bahía de Todos Santos, B.C., determining *indicatory* parameters of organic matter pollution, such as biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, ammonia, dissolved oxygen, and usual hydrological parameters (temperature, salinity, pH).

The effects of pollution show a variation pattern with high values in summer and lower values in winter, according to higher or lower production of the fisheries. The superficial distribution shows high gradients, perpendicular to the shoreline, specially to discharge areas in general, the degree of pollution decreases with the distance, being detected until one kilometer offshore in summer. Also the pollution effect is more notable on the bottom.

It is evident that the receptor body capability of assimilation is sufficient, in an annual cycle, to restore the natural conditions of water quality in respect to the environmental parameters determined.

#### ANTECEDENTES

La Bahía de Todos Santos, Baja California, se ha caracterizado por la desorganización de sus asentamientos humanos, que generalmente no cuentan con la infraestructura urbana necesaria. Además, ha sufrido un crecimiento acelerado de su población, del 63.05% entre 1970 y 1979. Este crecimiento es debido a que en la Bahía se localizan los centros administrativos de gobierno y la principal industria del municipio.

Dicha industria está formada en su gran mayoría por fábricas procesadoras de productos marinos y ha presentado un incremento en el volumen anual de materia prima procesada desde 12,427 toneladas en 1970 hasta 402,045 en 1980, lo que significa un aumento del 3,235% en una década. (Tabla I). Además no han existido las precauciones necesarias para evitar, o incluso controlar la contaminación producida por las mismas.

En la zona del Noroeste de la bahía se encuentran localizadas las dos industrias productoras de harina de pescado más importantes. Estas son Pesquera Zapata y Pesquera del Pacifico, las cuales en forma conjunta aportan el 83% de la producción anual de Baja California.

Sus desechos son descargados directamente a la playa sin recibir ningún tratamiento, a excepción de una descarga submarina perteneciente a Pesquera Zapata, localizada a aproximadamente 750 m de la playa y a 10 m de profundidad. Estas descargas tienen una carga orgánica equivalente a 208,267 habitantes por día, en términos de su demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (Segovia-Zavala, 1982).

La principal descarga doméstica, en esta zona, es la generada por la población de El Sauzal de Rodríguez, con aproximadamente 10,000 habitantes, esta comunidad no contaba en la época de estudio con sistema de drenaje y en general utilizaba fosas sépticas. (SAHOPE, 1980).

#### ANTECEDENTS

Bahia de Todos Santos, Baja California, has been characterized by the desorganization of its human settlements, generally without the necessary urban infrastructure. Also, there has been an accelerated increase in its population of about 63.05% between 1970 and 1979. This increase is a consequence of the localization around the bay of the government administrative centers and the major industry of the municipality.

Those industries are principally marine factories and had an increase in annual volume of processed prime matter from 12,427 metric tons in 1970 to 402,045 in 1980, which represents an increase of 3,235% in a decade (Table I). Besides, the necessary precautions have not been taken to prevent or to control the pollution generated by them.

The largest fishmeal factories are located in the Northwestern zone of the bay. Those are Pesquera Zapata and Pesquera del Pacifico, which provide together 83% of the annual production in Baja California. Their waste waters are discharged directly on the shoreline without any treatment, except one submarine discharge from Pesquera Zapata, located approximately 750 m offshore and 10 m deep. Those discharges have an equivalent, in organic matter, of 208,267 inhabitants-day in terms of its biochemical oxygen demand (BOD). (Segovia-Zavala, 1982).

The main domestic discharge in this zone is the one generated by El Sauzal de Rodríguez population, with 10,000 inhabitants approximately; this community had no drainage system during the time of the study and, in general, utilized septic tanks (SAHOPE, 1980).

#### METHODS

Based on the precedent, a sampling project was designed for the shoreline from Punta San Miguel in the Northern zone, to Punta Morro in the Southeastern zone, with

TABLA I. Volúmenes de materia prima utilizados por las empresas procesadoras de productos marinos de 1970 a 1980, en la Bahía de Todos Santos, B.C.

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Aceite de pescado	127.2	77.1	130.3	74.9	191.2	211.6	757.0	8025.1	4757.1	3535.7	10489.4
Anchoveta	5001.0	2913.0	2899.0	1622.0	3768.0	3893.0	583.6	3699.4	1508.5	247211.5	307197.8
Atún en todas sus variedades	1772.6	4540.6	7587.8	12801.4	125.69.2	20010.8	18657.5	19872.8	21039.7	21515.3	27023.9
Cocinero, macarela y sardina	421.5	1263.2	750.5	644.6	191.6	2073.8	2281.1	3123.1	5833.6	23043.4	11691.7
Harina de pescado	5105.0	3815.0	6033.0	3433.0	7806.0	10670.0	—	26900.1	24541.3	29756.9	45642.4
TOTAL	12427.3	12608.9	17400.6	18575.9	24526.0	36859.2	22279.2	61620.5	57680.2	325062.8	402045.2

NOTA: Grupos de especies más importantes y su tonelaje anual. Datos proporcionados por la Oficina de Informática y Estadística de la Oficina de Pesca del Estado.

NOTE: Most important species group and its annual tonnage. Data provided by the Oficina de Informática y Estadística de la Oficina de Pesca del Estado.

## METODOS

En base a lo anterior se diseñó un plan de estaciones en la zona costera abarcando desde Punta San Miguel en el Norte hasta Punta Morro en el Sureste. Con estaciones ubicadas en la zona de rompientes y a uno y cinco km de la costa (Fig. 1). Esto con el fin determinar las características del receptor sujeto a descargas orgánicas de la industria pesquera.

Se realizaron nueve muestreos de julio de 1979 a agosto de 1980 (Tabla II), las muestras fueron colectadas en la columna de agua de superficie y fondo, las primeras aproximadamente a 50 cm de profundidad y las últimas a un metro del fondo.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los parámetros determinados y su precisión están dados en la Tabla III. Estos fueron aquellos que comúnmente se utilizan para estudios de contaminación orgánica. Es decir las características ambientales más susceptibles de cambio por el efecto de la degradación de la materia orgánica.

Los principales indicadores de este efecto, parámetros como la demanda bio-

stations located on breaking zone and one and five kilometers offshore (Fig. 1), to try to determine the characteristic receptors under organic discharges from marine factories.

Nine samplings were realized from July 1979 to August 1980 (Table II). The samples first ones approximately 50 cm deep and the second ones approximately 1 m from the bottom.

TABLA II. Fechas de muestreo.  
TABLE II. Sampling dates.

DIA	MES	AÑO
20	Julio	1979
05	Octubre	1979
22	Noviembre	1979
17	Diciembre	1979
06	Febrero	1980
12	Marzo	1980
05	Junio	1980
02	Julio	1980
06	Agosto	1980

## RESULTS AN DISCUSSION

The measured parameters and their precision are in Table III. Those were usual parameters in organic pollution studies. That

EFFECTO DE LOS CONTAMINANTES DERIVADOS DE LA INDUSTRIA

MES		GRUPOS														No. DE GRUPOS		
Julio	1979	2	5	10	15	14	16	3	6	12	9	11	13		1	4	8	2
	Superficie	0.354																
Octubre	1979	1	2	12	6	10	5	9	13	3	14	4	16	11	15	8	1	
	Superficie	0.848																
Noviembre	1979	1	4	9	11	14	13	5	16	2	8	12	15	3	10	6	1	
	Superficie	0.958																
Diciembre	1979	1	2	14	3	5	6	9	15	10	16	11	12	4	13	8	1	
	Superficie	0.861																
Febrero	1980	1	11	4	5	10	14	9	15	12	13	16	2	3	6	8	1	
	Superficie	0.931																
Marzo	1980	1	3	4	2	9	12	15	10	5	6	16	13	14	11	8	1	
	Superficie	0.982																
Junio	1980	1	2	3	5	9	10	15	8	6	16	13	14	11	12	4	1	
	Superficie	0.984																
Julio	1980	10	8	4	14	16	13	5	9	12	15	11	6	3	2	1	2	
	Superficie	0.667																
Agosto	1980	1	2	10	16	4	14	11	12	3	8	6	13	15	9	5	1	
	Superficie	0.815																
Julio	1979	13	10	6	16	14	9	12	11	3	5	15	2	1	4	8	2	
	Fondo	0.608																
Octubre	1979	1	14	3	8	6	2	5	13	15	16	9	12	10	11	4	2	
	Fondo	0.263																
Noviembre	1979	1	5	11	12	2	4	14	15	9	3	10	6	13	16	8	2	
	Fondo	-0.178																
Diciembre	1979	1	3	9	11	14	12	5	15	6	13	10	16	2	8	4	2	
	Fondo	-0.343																
Febrero	1980	1	3	8	14	12	2	4	5	11	6	9	10	15	16	13	1	
	Fondo	-0.927																
Marzo	1980	1	14	9	16	4	10	2	5	13	6	8	11	12	15	3	1	
	Fondo	-0.814																
Junio	1980	1	12	5	11	15	14	6	16	9	13	2	3	10	4	8	2	
	Fondo	0.313																
Julio	1980	1	2	3	15	9	11	14	5	16	6	12	10	13	4	8	4	
	Fondo	0.457				0.375				0.228								
Agosto	1980	1	4	2	3	6	5	12	10	16	13	8	15	9	14	11	3	
	Fondo	0.400				0.661												

TABLA III. Resultados del análisis exploratorio de grupo (CLUSTER), en DO, BDO, DQO, S<sup>2-</sup>, NH<sub>3</sub>-N y AOU para superficie y fondo, para cada muestra. Las estaciones están enumeradas por grupos y coeficientes de correlación entre los grupos.

TABLE III. Results of the group exploratory analysis (CLUSTER), in DO, BDO, DQO, S<sup>2-</sup>, NH<sub>3</sub>-N and AOU for surface and bottom, for each sample. The stations are numbered by groups and by correlation coefficients among the groups.

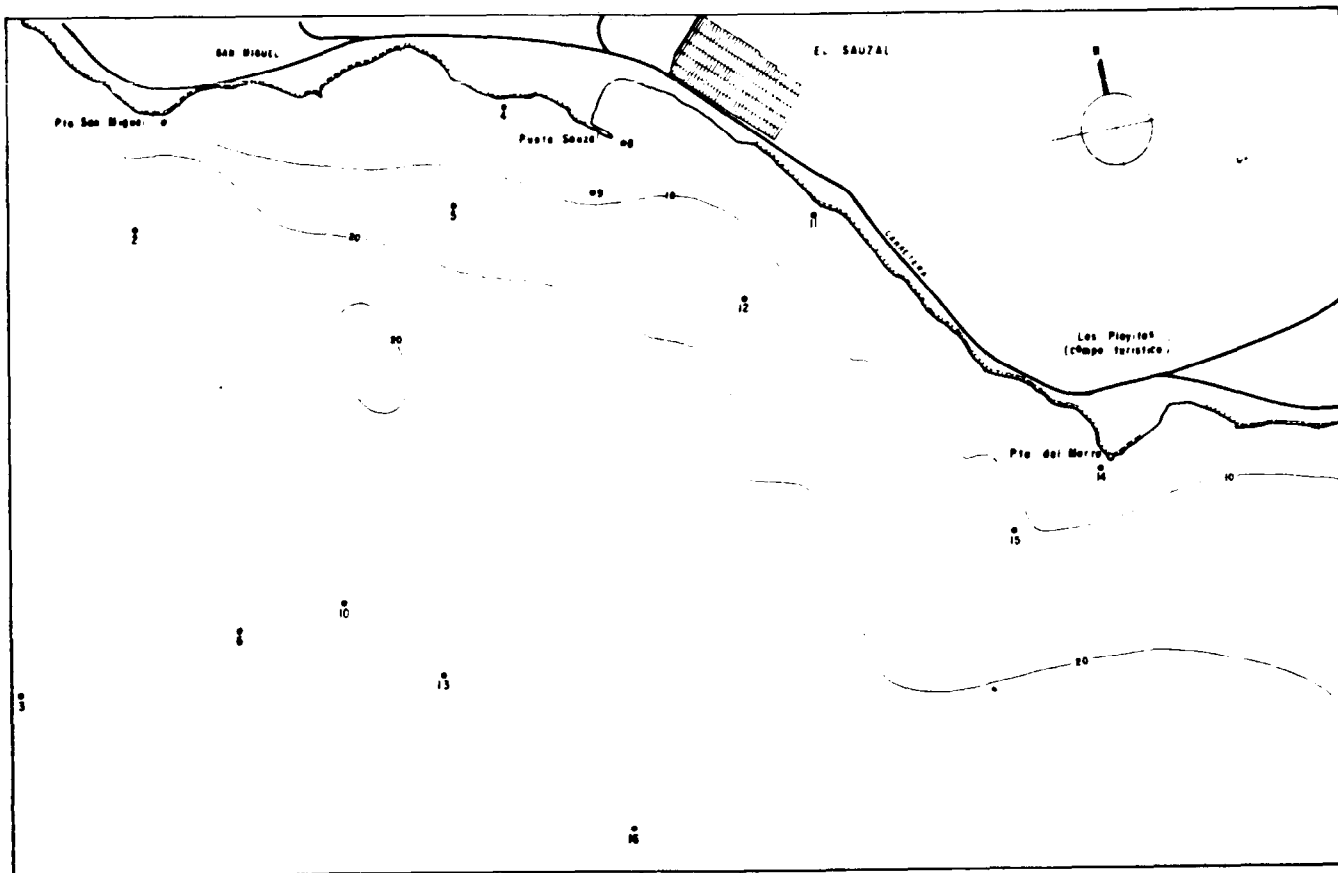


FIG. 1. Localización de las estaciones de muestreo.  
Localization of sampling stations.

## EFEECTO DE LOS CONTAMINANTES DERIVADOS DE LA INDUSTRIA

química de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), amoníaco (NH<sub>3</sub>-N) oxígeno disuelto (OD), mostraron un patrón de variación con valores mayores en verano y menores en la época de invierno (Fig. 2, 3 y 4. Esto muestra una concordancia muy grande con la variación de la captura de anchoveta (Fig. 5), la cual a su vez nos indica la variación en la producción de harina de pescado en la zona de estudio.

En lo que respecta a su distribución horizontal, los parámetros mencionados presentaron generalmente gradientes fuertes perpendiculares a la costa, especialmente en verano y variaciones menores a lo largo de ésta.

Las zonas que presentaron el mayor efecto de la materia orgánica correspondieron a Punta San Miguel, Pesquera Zapata y Pesquera del Pacífico - El Sauzal (estaciones 1, 4 y 8, respectivamente).

is to say, those environmental parameters more susceptible to suffer a change due to the degradation of organic matter.

Those parameters, as (BOD), (COD), (NH<sub>3</sub>-N) and (DO) showed a variation pattern with higher values in summer and lower values in winter. (Fig. 2, 3 and 4).

It has a great concordance with anchovy capture time (Fig. 5), which represents the variation in fishmeal production in the studied zone.

In respect to their horizontal variation, the mentioned parametra showed generally high gradients perpendicular to the shoreline, especially in winter; and lower variations along the shoreline.

The zones with májor response to organic matter were Punta San Miguel, Pesquera Zapata and Pesquera del Pacífico. El Sauzal (Stations 1, 4 and 8 respectively).

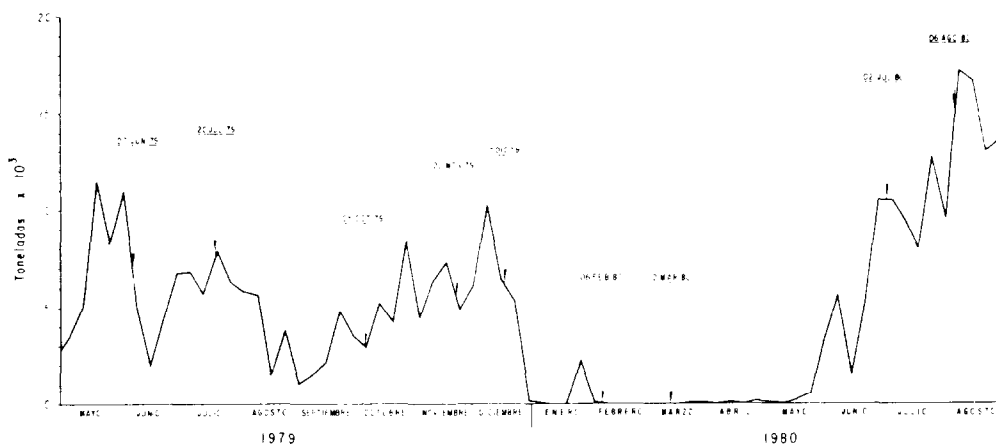


FIG. 5. Variación de la captura de anchoveta durante el período de estudio. En miles de toneladas. Las fechas corresponden a los días de muestreo (Oficina de Pesca).  
Anchovy capture variations during the time of the study, thousands of tons. Dates correspond with sampling days (Oficina de Pesca).

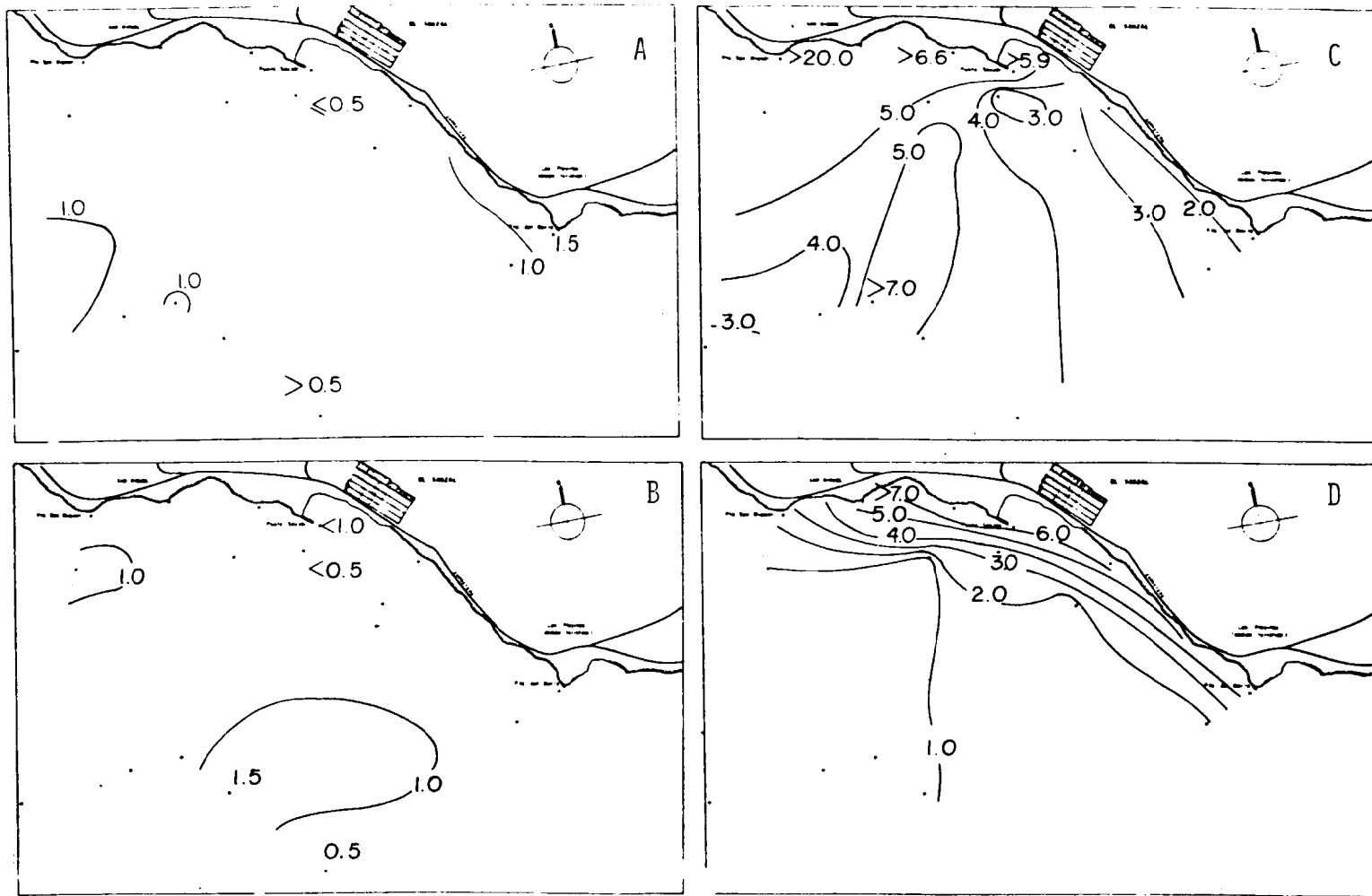


FIG. 2. Distribuciones de la DBO (mg/l el día 6 de febrero de 1980 en superficie (A) y fondo (B) y el 2 de julio de 1980 en superficie (C) y fondo (D), en la Bahía de Todos Santos, B.C.  
 BOD (mg/l) distribution on February 6, 1980 on surface (A) and bottom (B) and July 2, 1980 on surface (C) and bottom (D) in Bahía Todos Santos, B.C.

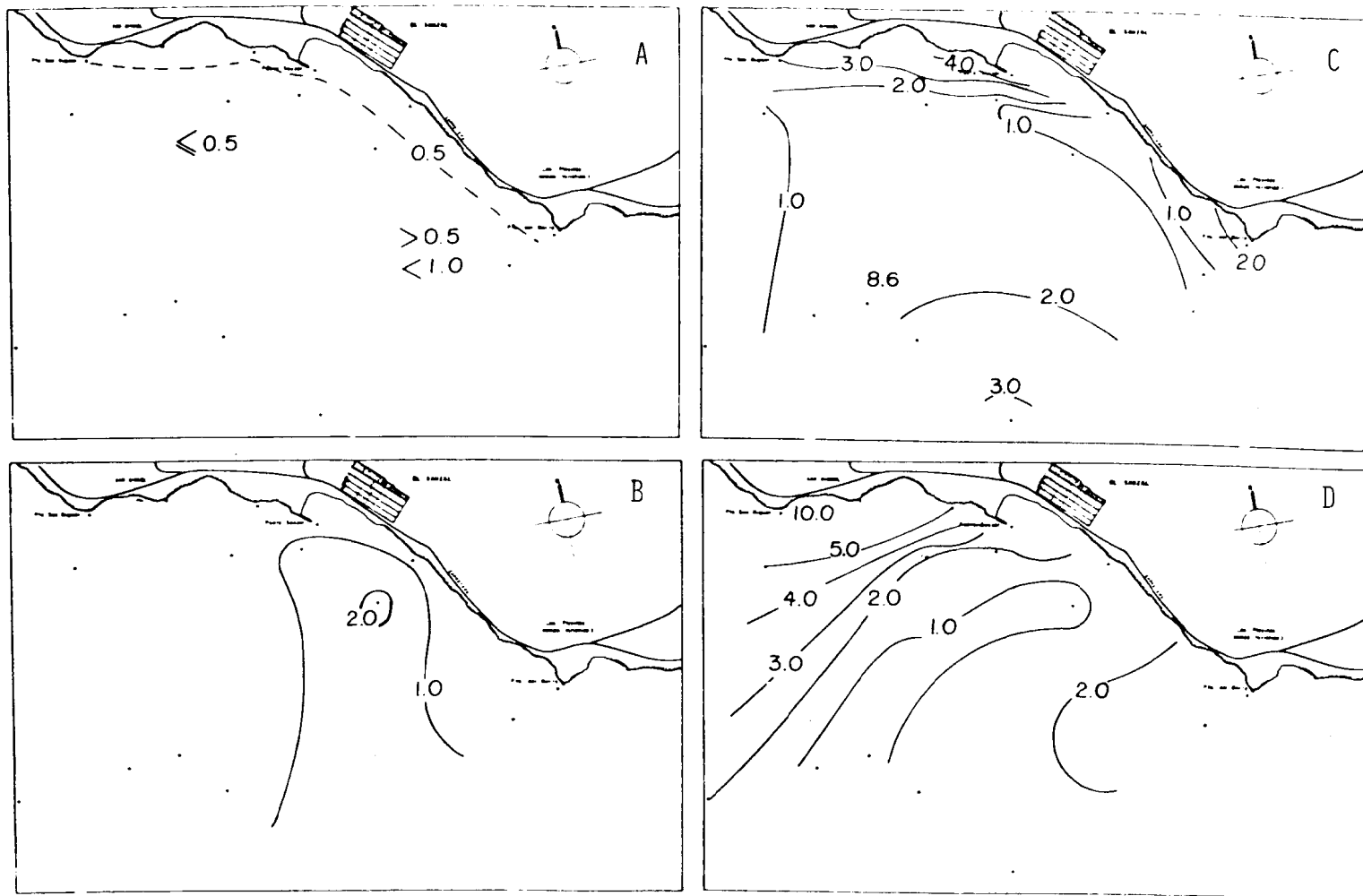


FIG. 3. Distribuciones de DQO (mg/l) el día 6 de febrero de 1980 en superficie (A) y fondo (B) y el día 2 de julio de 1980 en superficie (C) y fondo (D), en la Bahía de Todos Santos, B.C.  
 QOD (mg/l) distribution on February 6, 1980 on surface (A) and bottom (B) and July 2, 1980 on surface (C) and bottom (D) in Bahía Todos Santos, B.C.



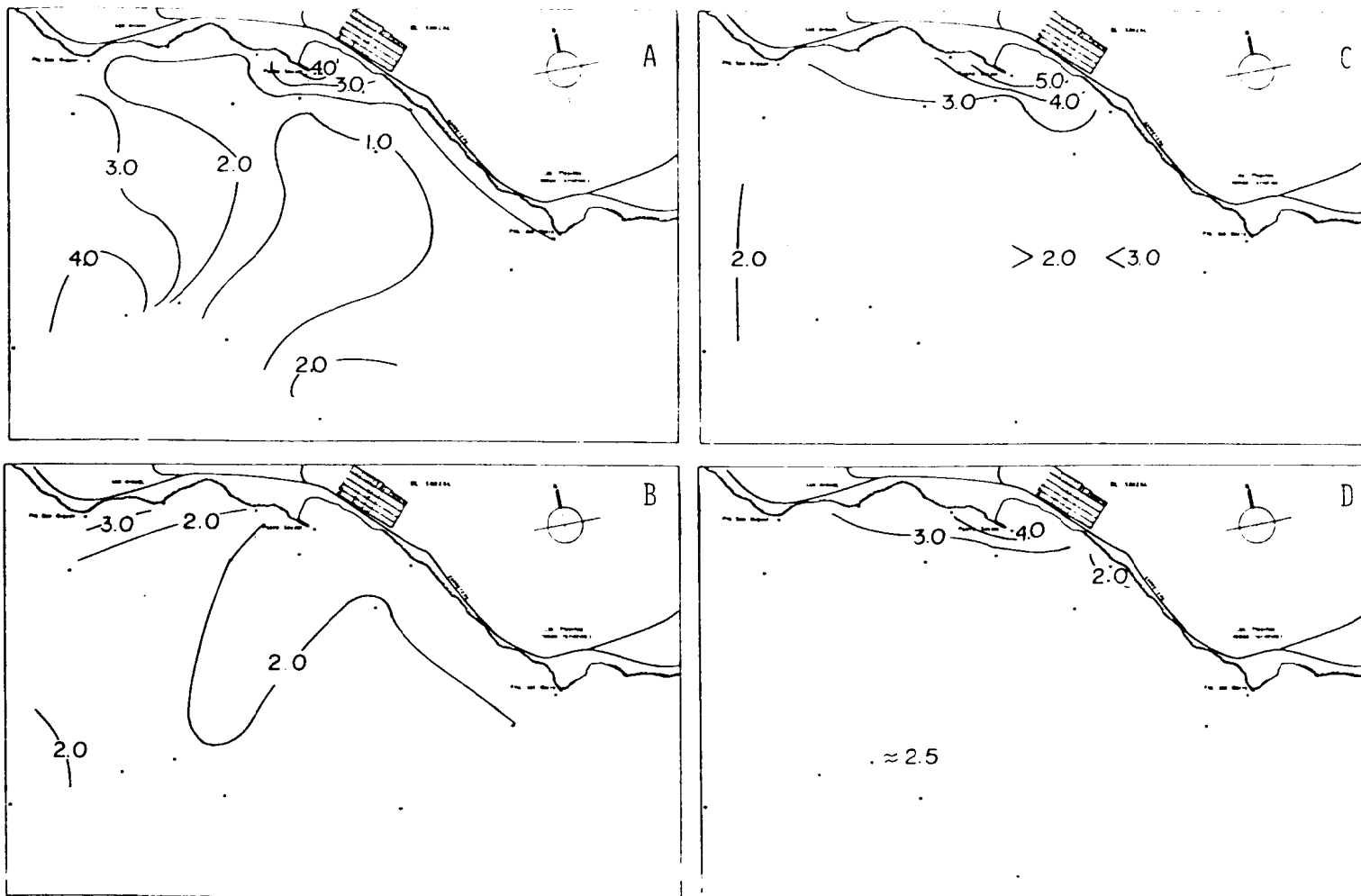


FIG. 4. Distribuciones de amoníaco ( $\text{NH}_3\text{-N}$  gr. at/l) el día 6 de febrero de 1980 en superficie (A) y fondo (B) y el día 2 de julio de 1980 en superficie (C) y fondo (D), en la Bahía de Todos Santos, B.C.  
 Ammonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$  gr. at/l) distribution on February 6, 1980 on surface (A) and bottom (B) and July 2, 1980 on surface (C) and bottom (D) in Bahía Todos Santos, B.C.

Mediante un análisis hidrológico de diagramas T-S se definieron las estaciones cuyos valores fueran los representativos de la calidad natural del agua en la zona de estudio, y ésta se comparó con los valores obtenidos en cada estación, para los diferentes parámetros, determinándose el número de veces afectados (Fig. 6). De acuerdo a este análisis, el número de parámetros afectados no varía mucho con los meses en superficie, aunque la mayor incidencia fue en julio de 1979 y agosto de 1980. Sin embargo, para el fondo hubo una marcada disminución de este número en los meses de febrero y marzo de 1980, lo que nos indica una cierta recuperación en los meses de invierno, con máximos en los meses de noviembre de 1979 y julio de 1980.

En base a la suma total de veces con parámetros afectados por estación (a los dos niveles) se elaboró un mapa de distribución por zonas de influencia (Fig. 7). Encontrándose que las zonas más afectadas corresponden a los principales aportes de materia orgánica tanto de origen doméstico como industrial, y en general el grado de contaminación decrece con la distancia, siendo perceptible hasta a un kilómetro fuera de la costa, aunque se distribuye principalmente a lo largo de ésta.

Mediante un análisis estadístico de grupo (Cluster), se separaron las estaciones en grupos diferentes a partir de sus valores de OD, DBO, DQO, sulfuros, NH<sub>3</sub> y la utilización aparente de oxígeno (UAO, misma que se determinó mediante un programa computarizado), obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla III.

Observándose básicamente como era de esperar que, las estaciones que presentan diferencias con respecto al grupo general (que incluye a estaciones con características naturales) son la 1, 4 y 8, que corresponden a las situadas en la zona de rompiente frente a las principales descargas de materia orgánica.

Además, para los meses de febrero y marzo no existen diferencias entre las estaciones, en ninguno de los dos niveles muestreados, lo cual nos indica que la capacidad de dilución, del cuerpo receptor es sufi-

The stations with representative values of sea water quality were defined in the studied area by means of a hydrological analysis of T-S diagrams, and were compared with the values obtained in each station, for different parameters, determining the number of times affected (Fig. 6).

According to this analysis, the number of affected parameter does not show a great variation in surface samples along the months, even if the major incidence was in July 1979 and August 1980. However, there was a great diminution of this number in bottom samples in February and March 1980, which indicates some recuperation during winter months, with maxima in November 1979 and July 1980.

A map of distribution of influenced zones was made based on total times sum with affected parameter by station on both levels (Fig. 7). It was found that the more affected zones correspond with the main industrial and domestic waste waters input, and in general, the pollution degree decrease with the distance, being perceivable until one kilometer offshore, even if it is mainly distributed along the shoreline.

Through a group statistical analysis (Cluster), the stations were separated in different groups according to their DO, BOD, COD, sulphide, NH<sub>3</sub>-N values, and their apparent oxygen utilization (AOU), (which was determined with a computerized program), obtaining the results of Table III.

Observing basically, as expected, that the stations with differences with the general group (which includes stations with natural characteristics) were 1, 4 and 8, corresponding to stations in the break zone in front of the main organic matter input zones. Also, for February and March, there were no differences among stations, in any of the sampled levels, that indicate that the dilution capability of the receptor body is sufficient to recover natural conditions in a shorter time than an annual cycle. It is evident that pollution by organic matter is present principally in the bottom level.

It was established that the capture of anchovy indicates with approximation the quantity of organic matter discharged by

Rivera-Nishikawa-Sañudo-Segovia

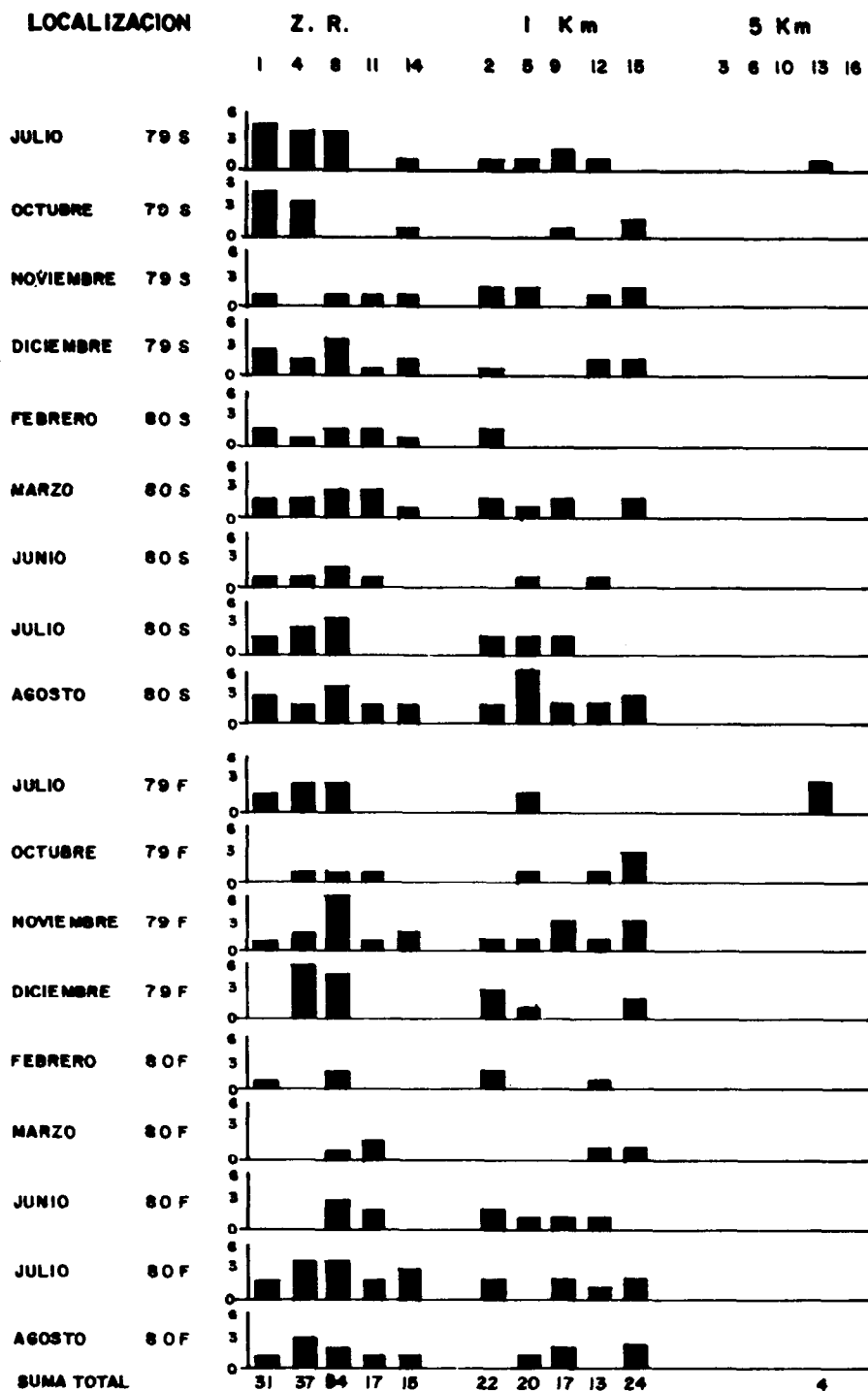


FIG. 6. Número de veces con parámetros afectados por estación, mes y por superficie (S) y fondo (F) comparados contra los rangos de las estaciones control para OD, DBO, DQO, NH<sub>3</sub>, N, S y UAO  
 Number of times with affected parameter by station month and by surface (S) and bottom (F) compared to station control ranges for DO, BOD, QOD, NH<sub>3</sub> -N, S<sup>-</sup> and AOU.

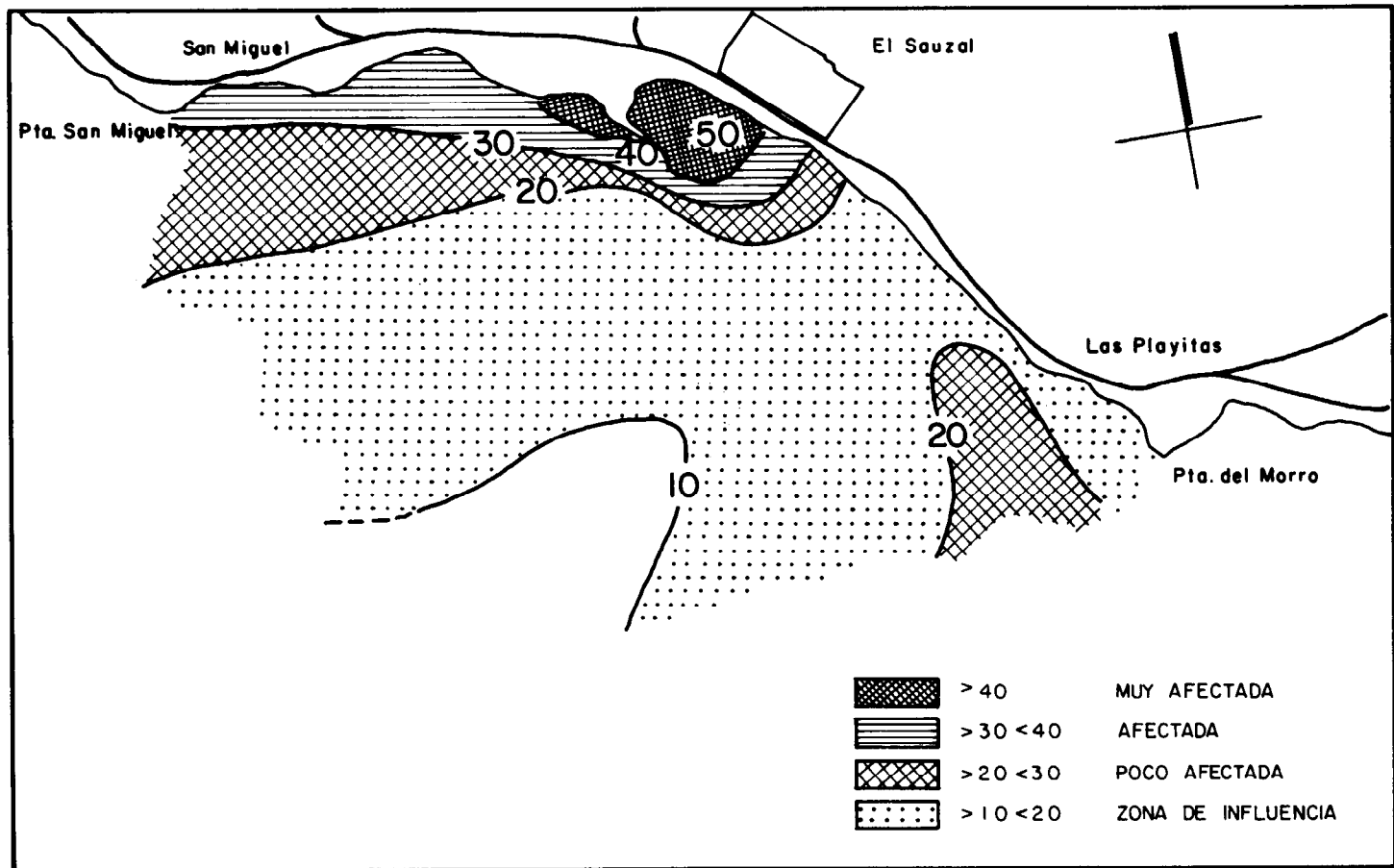


FIG. 7. Distribución por zonas de influencia, con base en la suma total de veces con parámetros afectados. Superficie y fondo, por estación.  
 Distribution by influenced zones, based on the total sum of times and affected parametra. Surface and bottom by station.

ciente para recuperar las condiciones naturales en un plazo menor a un ciclo anual. Es evidente que los efectos de la contaminación por materia orgánica se presentan principalmente en el nivel del fondo.

Se ha establecido que la captura de anchoveta indica con bastante aproximación la cantidad de materia orgánica descargada por las empresas fabricantes de harina de pescado. Ahora bien, la DBO en la zona de descargas en esta industria, varía de acuerdo con la cantidad de material orgánico descargado. (Segovia-Zavala, 1982).

Utilizando estos criterios se realizó un análisis de regresión de la DBO en la zona de descarga de las empresas anteriormente mencionadas, contra la captura de anchoveta el día de muestreo, el día anterior al muestreo y la suma acumulativa de dos y tres días anteriores al muestreo (Fig. 8 y 9). Donde se observa en general que la DBO aumenta en los dos niveles al aumentar la captura.

Se muestra una relación entre la DBO superficial y la captura del día anterior al muestreo, en ambas estaciones. Si la relación en la superficie disminuye conforme se analizan los días anteriores esto posiblemente indica la tendencia a que los contaminantes no permanecen durante largos tiempos en las zonas y que probablemente el efecto no pase de unos días. Esto se debe a que el cuerpo receptor costero, en general es sumamente dinámico, lo que proporciona una recuperación relativamente rápida, siempre y cuando la descarga sea puntual.

Respecto a la relación de fondo, ésta aumenta conforme se correlacionan con la captura acumulativa; esto nos indica la posible tendencia de que la materia orgánica se acumule en los sedimentos y se presume que permanece mayor tiempo en el fondo.

## CONCLUSIONES

Se propone el cambio en los procesos de producción de harina de pescado y de cualquier producto alimenticio, de tal manera que la materia prima sea aprovechada al máximo, evitándose de esta manera la

marine factories. Now, BOD in input zone varies according to the organic matter discharged. (Segovia-Zavala, 1982).

Using these criteria, a regression analysis of BOD data was made in the input zones in front of the industries mentioned, against the capture of anchovy in the sampling day, the day before, and the cumulative sum of two and three days before the sampling (Fig. 8 and 9).

It is observed in general that BOD increases in both levels when the capture increases.

A relation is shown between superficial BOD and the capture of the day before both stations. If the superficial relation decreases when the precedent days are analysed, this possible indicates that polluters do not stay in the zone for long periods, and probably the effect lasts only a few days. This is because the receptor body in the shoreline is very dynamic, propiciating a fast recuperation if the input is on one point.

Regarding the bottom relation it increases if compared to cumulative capture. This indicates a possible tendency of organic matter to stay in the sediment and it is presumed that it will stay a long time on the bottom.

## CONCLUSION

A modification in fishmeal processes and in any alimentary production processes is proposed, so that all organic matter is used, eliminating the input of great quantities of organic matter to the environment.

Another possible solution is the construction of an underwater diffuser system offshore, to try to use the dilution capability of the receptor body.

If all waste waters were under an efficient treatment previous to their input in marine environment, it would be, of course, the most efficient solution.

Sergio Pou translated this paper into English.

EFFECTO DE LOS CONTAMINANTES DERIVADOS DE LA INDUSTRIA

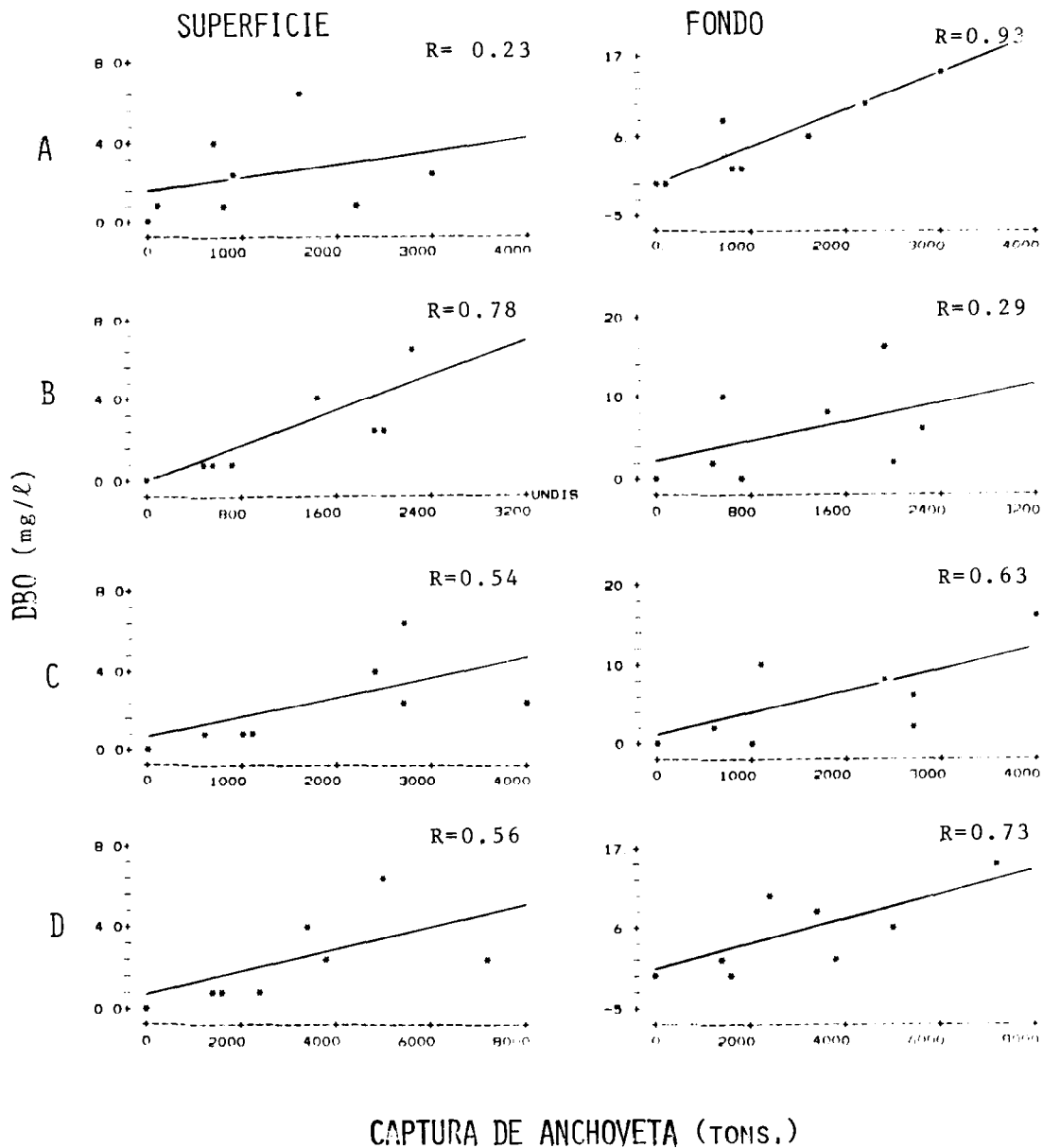
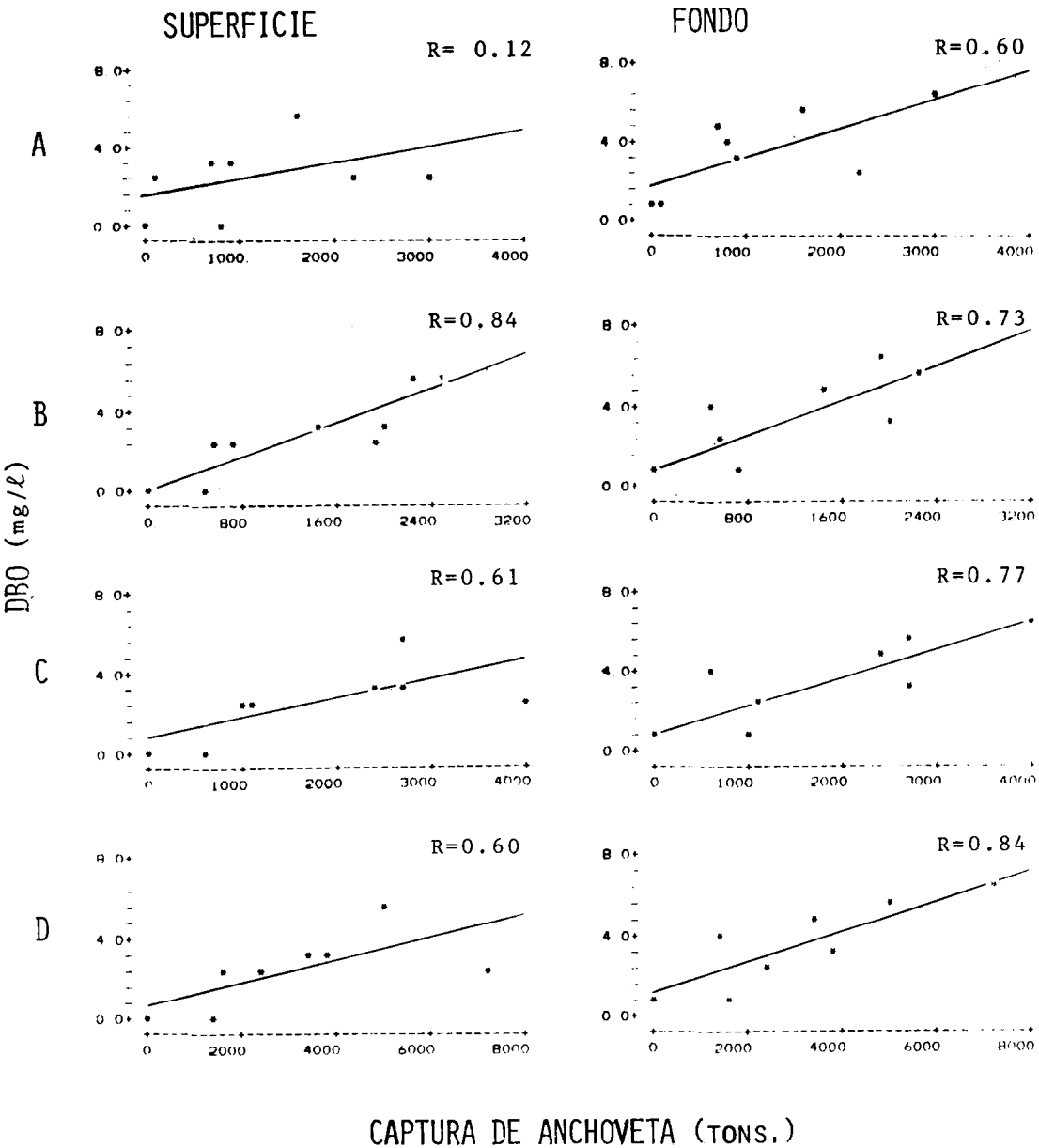


FIG. 8. Diagramas de DBO en la estación 4 (Pesquera Zapata) contra la captura de anchoveta el día de muestreo (A), el día anterior (B), la suma acumulativa de los dos días anteriores (C) y los tres días anteriores (D). Con su respectivo coeficiente y curva de regresión.  
BOD diagrams in station 4 (Pesquera Zapata) against anchovy capture in sampling day (A), the day before (B), the cumulative sum of two days before (C) and three days before (D). With their respective coefficient and regression curve.



CAPTURA DE ANCHOVETA (TONS.)

FIG. 9 Diagramas de DBO en la estación 8 (Pesquera del Pacífico-El Sauzal), contra la captura de anchoveta el día de muestreo (A), el día anterior (B), la suma acumulativa de los dos días anteriores (C) y los tres días anteriores (D). Con su respectivo coeficiente y curva de regresión.  
 BOD diagrams on station 8 (Pesquera del Pacífico-El Sauzal) against anchovy capture in sampling day (A), the day before (B), two days before (C) and three days before (D) cumulative sum. With its respective coefficient and regression curve.

introducción de grandes cantidades de materia orgánica al medio ambiente, o en su defecto, la construcción de un difusor submarino alejado de la costa, para aprovechar de una mejor manera la capacidad de dilución del cuerpo receptor.

Por supuesto, si todos los desechos recibieran un tratamiento completo antes de ingresar al cuerpo receptor, el efecto sería el mínimo. Esto sería una solución más eficaz que las anteriores.

## LITERATURA CITADA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, American Water Works Association y Water Pollution Control Federation. 1976. Standard methods for the examination of water and wastewater. 14ava. edición. APHA: Washington, D.C. 1193 ps.
- FOOD and Agriculture Organization. 1975. DQO. Permanganate method. En FAO (ed.). Manual of methods in aquatic environment research. Parte 1. Methods for detection, measurement and monitoring of water pollution. *Fish. Techn. Pap.* L(137): 169-171.
- SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA. 1980. Plan municipal de desarrollo urbano, Ensenada, Vol. 1, 528 ps.
- SEGOVIA-Zavala, J.A. 1982. Estudio de la contaminación por materia orgánica en la zona industrial de El Sauzal, Baja California. Tesis para obtener la licenciatura en Oceanología, Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C., México, 96 ps.
- STRICKLAND, J.D.H. y T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of sea water analysis. *Fisheries Research Board of Canada Bull.* 167 ps. 21-26, 41-44, 87-90.