

**EFFECTOS DE DESECHOS ORGANICOS EN LAS ZONAS
ADYACENTES A LOS EFLUENTES EN BAHIA DE TODOS SANTOS:
NUTRIENTES**

**EFFECTS OF ORGANIC WASTES IN THE ZONES ADJACENT TO
THE EFFLUENTS OF BAHIA DE TODOS SANTOS:
NUTRIENTS**

José Antonio Segovia Zavala
Ignacio Rivera Duarte
Francisco Javier del Valle Villorín

Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Universidad Autónoma de Baja California
Apdo. Postal 453, Ensenada, Baja California, México

Segovia Zavala José Antonio, Rivera Duarte, I., Del Valle Villorín, F.J. Efectos de desechos orgánicos en las zonas adyacentes a los efluentes en Bahía de Todos Santos: Nutrientes. Effects of Organic Wastes in the Zones Adjacent to the Effluents of Bahía de Todos Santos: Nutrients. *Ciencias Marinas* 14(1): 81-94, 1988.

RESUMEN

Se realizó un estudio en la Bahía de Todos Santos, BC, con periodicidad mensual de marzo a septiembre de 1982, y se recolectaron muestras de agua (superficie y 10m) en 16 estaciones localizadas a lo largo de la franja costera (zona de rompiente y 1km) desde Punta San Miguel hasta la boca del Estero de Punta Banda. Se midieron nutrientes en sus formas de nitrógeno (NO_2 y NO_3) y fósforo (PO_4) con el objeto de estudiar su variación espacial y temporal. Las PO_4 y NO_3 evidencian la transición de una fase oligotrófica a una eutrófica del cuerpo costero, principalmente en áreas adyacentes a las descargas de agua residual. Las mayores concentraciones se presentan en los meses de mayor producción pesquera y descargas urbanas y se detectaron valores de PO_4 , NO_2 y NO_3 de > 5.0 , 0.92 y $12.1 \mu\text{M}$, respectivamente. Las zonas de mayor a menor concentración se presentaron en la rada del Puerto de Ensenada, El Sauzal y Punta Banda.

ABSTRACT

A study was carried out in the Bahía de Todos Santos, BC, with a monthly periodicity from March to September, 1982, in which samples of water (surface and 10m) were collected in 16 stations located along the coast (breaker zone and 1km) from Punta San Miguel to the mouth of the Estero de Punta Banda. Nutrients were measured in the form of nitrogen (NO_2 and NO_3) and phosphore (PO_4) in order to study their spatial and temporal variation. PO_4 and NO_3 show the transition from an oligotrophic to an eutrophic phase of the coastal body, mainly in areas adjacent to the flows of waste waters. The largest concentrations occur during the months when the fishing production and urban outflows are the highest, and PO_4 , NO_2 and NO_3 values of 5.0, 0.92 and $12.1 \mu\text{M}$ were detected, respectively. The zones from a larger to a lesser concentration are located in the Puerto de Ensenada, in El Sauzal and in Punta Banda.

INTRODUCCION

El enriquecimiento y fertilización en aguas costeras se debe principalmente a factores autóctonos del medio como surgencias y mezclados de masas de agua por baja estabilidad vertical y por factores alóctonos como escurrimiento de ríos, descargas residuales urbanas, industriales y agrícolas. Sin embargo, la fertilización inducida en aguas costeras origina desequilibrios en el medio (Postma, 1967; Warren, 1971; Eppley *et al.* 1972; Carpenter, 1973; Topping, 1976; Ketchum, 1982), produce la transición de una etapa inicial pobre (oligotrófica) hasta otra más productiva (eutrófica) y origina detrimento en el medio costero. Este fenómeno es acelerado por el incremento del uso de fertilizantes en la agricultura y su combinación con las descargas urbanas e industriales (Goldman, 1976; Faganeli, 1982; Friligos, 1983).

La zona costera de la Bahía de Todos Santos, BC, ha sido objeto de estudios de contaminación por materia orgánica y bacteriológica y se reflejó un comportamiento espacio temporal en la dinámica de los mismos (Lizárraga-Partida, 1973; Rivera Duarte *et al.*, 1979; Segovia Zavala *et al.*, 1981; Segovia Zavala, 1982; Orozco Borbón y Gutiérrez Galindo, 1982; Galindo Bect *et al.*, 1983; Arce Duarte, 1984; Morales Chávez, 1984; Sañudo Wilhelmy *et al.*, 1984; Delgadillo Hinojosa, 1985). Los antecedentes al respecto solamente contemplan una parte de la dinámica de la materia orgánica y se detectan algunos efectos de la degradación de la misma. Por lo tanto, es necesario conocer las interacciones físico-química y bioquímicas a las que se somete el sistema costero.

El objetivo del trabajo fue el determinar el comportamiento espacio-temporal de nutrientes (PO_4 , NO_2 y NO_3) y evidencias de eutroficación inducida con la finalidad de describir y explicar la influencia y efectos de los efluentes de materia orgánica a la zona costera. Se plantearon las siguientes hipótesis:

I. debido a que las descargas urbanas e industriales no se presentan en forma regular, sino que dependen de los cambios de estaciones, ya que la producción y descargas se incrementan en los meses de verano, los

INTRODUCTION

The enrichment and fertilization in coastal waters is mainly due to autochthonous factors of the environment such as upwellings and mixing masses of water due to low vertical stability and to allochthonous factors such as river flows, urban, industrial and agricultural residual discharges. Nevertheless, fertilization induced in coastal waters causes perturbation in the equilibrium of the environment (Postma, 1967; Warren, 1971; Eppley *et al.*, 1972; Carpenter, 1973; Toppin, 1976; Ketchum 1982), a transition from a poor initial stage (oligotrophic) to another more productive one (eutrophic) and disturbance in the coastal environment. This phenomenon is increased by a wider use of fertilizers in agriculture and its combination with urban and industrial discharges (Goldman, 1976; Faganeli, 1982; Friligos, 1983).

Studies about the organic matter and bacteriological pollution have been conducted in the coastal area of the Bahía de Todos Santos, BC, and a space and time behavior has been figured out in their dynamics (Lizárraga-Partida, 1973; Rivera Duarte *et al.*, 1979; Segovia, *et al.*, 1981; Segovia Zavala, 1982; Orozco Borbón and Gutiérrez Galindo, 1982; Galindo Bect *et al.*, 1983; Arce Duarte, 1984; Morales Chávez 1984; Sañudo Wilhelmy *et al.* 1984; Delgadillo Hinojosa, 1985). Antecedents concerning this issue only contemplate part of the organic matter dynamics and some effects of its degradation are detected. It is therefore necessary to understand the Physico-chemical and biochemical interactions which the coastal system is subject to.

The objective of this paper is to determine the nutrient (PO_4 , NO_2 and NO_3) spacio-temporal behavior and evidence of induced eutrophication in order to describe and explain the influence and effects of the organic matter effluents on the coastal zone. The following hypotheses were considered:

I. because urban and industrial discharges do not occur regularly, but depend on seasonal changes and production, and discharges increase during the summer, induced eutrophication processes will be accelerated during these months.

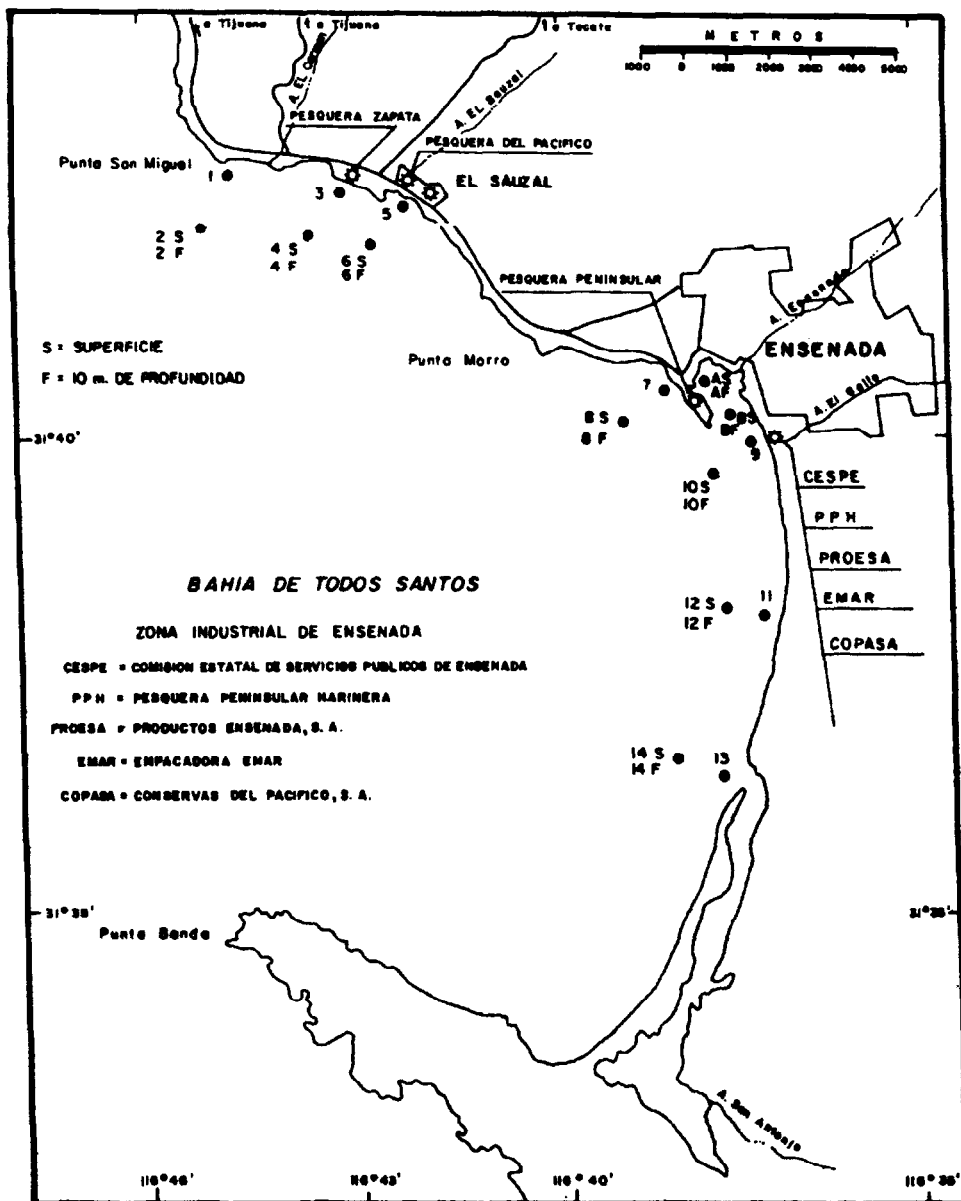


Figura 1. Localización geográfica de la Bahía de Todos Santos, BC, Estaciones de muestreo.
 Figure 1. Geographic localization of Bahía de Todos Santos, BC. Sampling stations.

procesos de eutroficación inducida se verán favorecidos en estos meses.

II. los efectos de eutroficación inducida serán mayores en las zonas costeras cercanas a los puntos de descargas que en las zonas no expuestas a las mismas.

II. induced eutrofication effects will be greater in the coastal areas near the discharge points than in the areas which are not exposed to them.

Descripción del área de estudio

La Bahía de Todos Santos está ubicada aproximadamente a 100km al Sur de la frontera México - EUA, en la costa Oeste de la Península de Baja California (Fig. 1). La Bahía no es muy profunda, ya que el 80% presenta profundidades menores a 50m (Secretaría de Marina, 1974). El área de estudio comprende desde Punta San Miguel, una zona expuesta y dinámica por corrientes y oleaje, que presenta una pendiente abrupta en su batimetría, hasta la boca del Estero de Punta Banda, donde la energía del oleaje se ve disminuida al decremento gradual de la profundidad conforme se aproxima a la playa.

La Bahía de Todos Santos está sometida a descargas orgánicas de tipo industrial y urbano. Estas se agrupan principalmente en tres zonas: la zona Norte (SA), representada por Pesquera Zapata y Pesquera del Pacífico; la zona Central (RC) representada por las descargas urbanas del centro de Ensenada, Pesquera Peninsular y Galicia, el movimiento portuario dentro de la dársena del puerto y el sur de la ciudad donde se localiza la planta de tratamiento de aguas negras (CESPE) y el complejo industrial de Arroyo El Gallo, los cuales fluyen a la zona costera mediante el mencionado Arroyo. Y finalmente, la zona de Punta Banda (PB), donde se localiza el Ejido Chapultepec y Valle de Maneadero los cuales son atravesados por los arroyos San Antonio y San Carlos que desembocan al interior del Estero de Punta Banda (Fig. 1).

MÉTODOS

Las estaciones (Fig. 1) se diseñaron de acuerdo a los efluentes de aguas residuales e industriales localizadas a lo largo de la franja costera, y se estableció un total de 16 estaciones. Debido a condiciones de alta energía del oleaje y baja profundidad que favorecen la homogeneidad de la columna de agua, se consideró apropiado tomar muestras atrás de la zona de rompientes, ya que ésta es la zona de mezcla. La siguiente línea de estaciones se situó a un kilómetro de la costa y se consideró a ésta como zona de dilución. Se tomaron muestras en la superficie y a 10m en aquellos lugares donde la batimetría lo permitiera.

Description of the study zone

Bahía de Todos Santos is located approximately 100km south of the Mexico-USA border, on the western coast of the Baja California Peninsula (Fig. 1). The Bay is not very deep since 80% is less than 50m deep (Secretaría de Marina, 1974). The study area is constituted by the extension from Punta San Miguel, an exposed and dynamic zone due to currents and wave, that presents an abrupt slope in its bathymetry, to the mouth of the Estero de Punta Banda, where the wave energy drops since the depth gradually decreases as the beach gets closer.

Bahía de Todos Santos is subject to industrial and urban organic wastes. These are divided into three zones: the northern zone (SA) represented by Pesquera Zapata and Pesquera del Pacífico, the central zone (RC) represented by the urban outfalls of Ensenada downtown, Pesquera Peninsular and Pesquera Galicia, the harbor movement and the south of the town where the waste water processing plant (CESPE) is located and the industrial complex of Arroyo El Gallo, that flow to the coastal area through the Arroyo El Gallo stream; and eventually, the Punta Banda zone (PB), with the Ejido Chapultepec and Valle de Maneadero and crossed by the San Antonio and San Carlos streams that flow into the Estero de Punta Banda (Fig. 1).

METHODS

The stations (Fig. 1) were designed according to the effluents of industrial and waste waters located along the coastal area and a total of 16 stations was established. Due to conditions of high wave energy and low depth that favor the homogeneity of the water column, taking samples behind the breaker zone was considered adequate since it was the mixing zone. The following line of stations considered as the dilution zone was located one kilometer from the coast. Samples were taken at the surface and at 10m in the sites where the bathymetry allowed it.

The study was carried out monthly from March to September 1982. The variables determined were phosphate (PO_4), nitrites (NO_2) and nitrates (NO_3). The sampling was done with Van Dorn bottles (3l), the samples

El estudio se realizó con una periodicidad mensual de marzo a septiembre de 1982. Las variables determinadas fueron fosfatos (PO_4), nitritos (NO_2) y nitratos (NO_3). La toma de muestras se realizó con botellas Van Dorn (31); las muestras fueron conservadas agregando gotas de cloruro de mercurio saturado y posteriormente congeladas (-20°C) hasta antes de su análisis. El análisis de muestra fue por duplicado. Los métodos fueron realizados de acuerdo a Strickland y Parsons (1972), y se utilizó un espectrofotómetro digital Spectronic 710.

Se aplicaron pruebas y transformaciones específica sobre los datos para establecer su bondad a la distribución normal y resultaron negativas. Con base en este resultado se realizó análisis no paramétrico (prueba H de Kruskal Wallis) al nivel de significancia de 5 y 10% para la hipótesis planteadas (I y II).

En la hipótesis I (5%), se comparan los valores mensuales de los nutrientes entre si para detectar diferencias en los meses de mayor producción industrial pesquera. Para la hipótesis II (10%) se comparan los valores de nutrientes por zonas: zona Sauzal (SA) con las estaciones 1, 2S, 2F, 3, 4S, 4F, 5, 6S y 6F, la zona rada portuaria - ciudad (RC) con las estaciones 7, 8S, 8F, 9, 10S, 10F, AS, AF, BS y BF y por último la zona de la boca del Estero de Punta Banda (PB) con las estaciones 11, 12S, 12F, 13, 14S y 14F.

RESULTADOS

La tabla I resume datos estadísticos por mes por nutriente y la figura 2 muestra su comportamiento temporal. Se observaron en general para todos los nutrientes incrementos en verano, y más marcados en fosfatos y nitratos. El resultado de la prueba de Kruskal Wallis al 5% de significancia, corrobora lo anteriormente expuesto.

La Tabla II, resume objetivamente las comparaciones mensuales y por zonas de los diferentes nutrientes, y se observa que las zonas RC y SA presentan comúnmente los lugares con más altas concentraciones de nutrientes, en tanto la zona PB generalmente los más bajos. El patrón para fosfatos es

were preserved adding drops of saturated mercury chloride and frozen (-20°C) until analysis. The sample analysis was done by duplicate. A digital spectrophotometer Spectronic 710 was used according to Strickland and Parsons methods (1972).

Specific test and transformations were applied on data to establish their goodness of fit to normal distribution and resulted negative. Based on these results, a non parametric analysis (H test of Kruskal Wallis) was carried out at significance level from 5 to 10% for the hypothesis considered (I and II).

In hypothesis I (5%), monthly values of the nutrient are compared with each other to detect differences during the months of highest fishing industry production. For hypothesis II (10%), the nutrients values are compared per zone: El Sauzal zone (SA) with Stations 1, 2S, 2F, 3, 4S, 4F, 5, 6S and 6F, the harbor-town zone (RC) with Stations 7, 8S, 8F, 9, 10S, 10F, AS, AF, BS and BF and eventually the Estero de Punta Banda mouth zone (PB) with stations 11, 12S, 12F, 13, 14S and 14F.

RESULTS

Table I summarizes statistical data by month and by nutrient and Figure 2 shows their temporal behavior. In general an increase was observed for all the nutrients in summer, particularly in the phosphates and nitrates. The result of the Kruskal Wallis test at 5% of significance confirms the above mentioned statements.

Table II presents objectively the comparisons by month and by zone of the different nutrients. It is observed that the RC and SA zones usually represent the locations with the highest nutrient concentrations, while the PB zone the lowest ones. The pattern for phosphates is $\text{RC} > \text{SA} > \text{PB}$ whereas for nitrates a general tendency of $\text{SA} > \text{RC} > \text{PB}$ can be observed. As for nitrites, no behavioral pattern is defined.

Table III shows the results of the statistical analysis of comparison by zone. It generally appears for the phosphates that the RC zone is significantly different from the SA

Tabla I. Concentración mensual de nutrientes. Las variables estadísticas son la mediana (m) y el intervalo (valor mínimo y máximo).

Table I. Monthly nutrient concentration. The statistical variables are the mean (m) and the interval (minimum and maximum value).

Parámetro	M e s e s							
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	
PO ₄	m	0.80	1.00	0.85	1.40	1.70	1.42	0.77
	min-max	0.40-1.60	0.45-3.50	0.20->5.0	0.30->5.0	0.45->5.0	0.20-4.60	0.15-2.40
NO ₂	m	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.01	0.01
	min-max	<0.01-0.23	<0.01-0.03	<0.01-0.04	<0.01-0.03	<0.01-0.92	<0.01-0.08	<0.01-0.06
NO ₃	m	0.58	0.42	0.47	0.26	0.76	0.94	0.98
	min-max	0.10-3.20	0.08-4.9	<0.05-1.5	<0.05-1.1	<0.05-12.0	0.25-3.60	0.11-7.8

RC>SA>PB y para nitratos se observa una tendencia general SA>RC>PB; para nitritos no se define ningún patrón de comportamiento.

La Tabla III presenta el resultado del análisis estadístico de comparación por zonas. Se presentó en general que para fosfatos, la zona RC es significativamente diferente de las zonas SA y PB para los meses de marzo, abril y septiembre; no existe diferencia significativa entre zonas para verano. Para septiembre se presentó diferencia significativa entre las zonas.

Respecto a nitritos no existen diferencias entre zonas para la mayoría de los meses, con la excepción de julio y septiembre donde RC y SA fueron diferentes respectivamente. Para nitratos no se presentan diferencias significativas entre las zonas para la mayoría de los meses con excepción de mayo y junio donde RC y SA fueron diferentes respectivamente.

DISCUSION

Los máximos valores de nutrientes observados durante los meses de verano (junio a septiembre) están en concordancia con estu-

and PB zones during March, April and September. There is no significant difference between the zones during the summer, contrary to what happens in September.

As far as the nitrites are concerned, there were no differences between the zones during the whole year, except in July and in September when RC and SA were different respectively. As to the nitrates, there were no significant differences between the zones nearly all year long except in May and in June when RC and SA were different respectively.

DISCUSSION

The maximum nutrient values observed during the summer (from June to September) correspond to those found in previous studies of the waste waters outfalls of the town and fishing industry (Segovia-Zavala, 1982; Segovia-Zavala and Galindo Bect, 1984) and greater organic contents were discharged during that period. In addition, Rivera-Duarte *et al.* (1982) and Arce-Duarte (1984) report evidence of physico-chemical alterations of the coastal water by oxidation of organic material: oxygen decrease, high oxygen requirements, volatile suspended solids, ammonium and sulfures presence. The phosphate presents the

Tabla II. Comparaciones mensuales y por zonas de los nutrientes en la rada portuaria de Ensenada (RC), El Sauzal (SA) y Punta Banda (PB).

Table II. Nutrient comparisons by month and by zone in the Ensenada harbor (RC), El Sauzal (SA) and Punta Banda (PB).

	Mes	Alto	Medio	Bajo
PO ₄ μM	marzo	RC(0.90)	SA(0.83)	PB(0.51)
	abril	RC(1.00)	SA(0.94)	PB(0.91)
	mayo	RC(0.96)	SA(0.72)	PB(0.69)
	junio	PB(4.38)	RC(1.36)	SA(1.28)
	julio	RC(2.39)	SA(1.69)	PB(1.16)
	agosto	SA(1.72)	RC(1.44)	PB(1.06)
	septiembre	RC(0.97)	PB(0.85)	SA(0.30)
NO ₂ μM	marzo	RC(0.020)	PB(0.019)	SA(0.014)
	abril	RC(<0.01)	SA(<0.01)	PB(<0.01)
	mayo	RC(<0.01)	SA(<0.01)	PB(<0.01)
	junio	RC(<0.01)	PB(<0.01)	SA(<0.01)
	julio	RC(0.200)	PB(0.030)	SA(0.024)
	agosto	SA(0.012)	RC(0.012)	PB(0.010)
	septiembre	RC(0.021)	PB(0.012)	SA(<0.01)
NO ₃ μM	marzo	SA(0.61)	PB(0.60)	PB(0.30)
	abril	SA(0.60)	PB(0.35)	RC(0.34)
	mayo	RC(0.69)	SA(0.63)	PB(0.44)
	junio	SA(0.51)	PB(0.24)	RC(0.24)
	julio	SA(0.87)	RC(0.75)	RC(0.66)
	agosto	SA(1.16)	RC(0.81)	PB(0.68)
	septiembre	RC(2.00)	SA(0.74)	PB(0.60)

Tabla III. Análisis estadístico de comparación por zonas y por nutriente. Prueba H de Kruskal - Wallis (10%).

Table III. Statistical analysis of comparison by zone and by nutrient. Kruskal - Wallis H test (10%).

Mes	PO ₄	NO ₂	NO ₃
mar	RC-SA y PB; SA = PB	RC = SA = PB	RC = SA = PB
abr	RC-PB; SA = RC y PB	RC = SA = PB	RC = SA = PB
may	SA-PB; RC=SA y PB	RC = SA = PB	RC-PB; SA = RC y PB
jun	RC = SA = PB	RC = SA = PB	SA-RC y PB; RC=PB
jul	RC = SA = PB	RC-SA-PB	RC = SA = PB
ago	RC = SA = PB	RC = SA = PB	RC = SA = PB
sep	RC-SA-PB	SA-PB; RC=SA y PB	RC = SA = PB

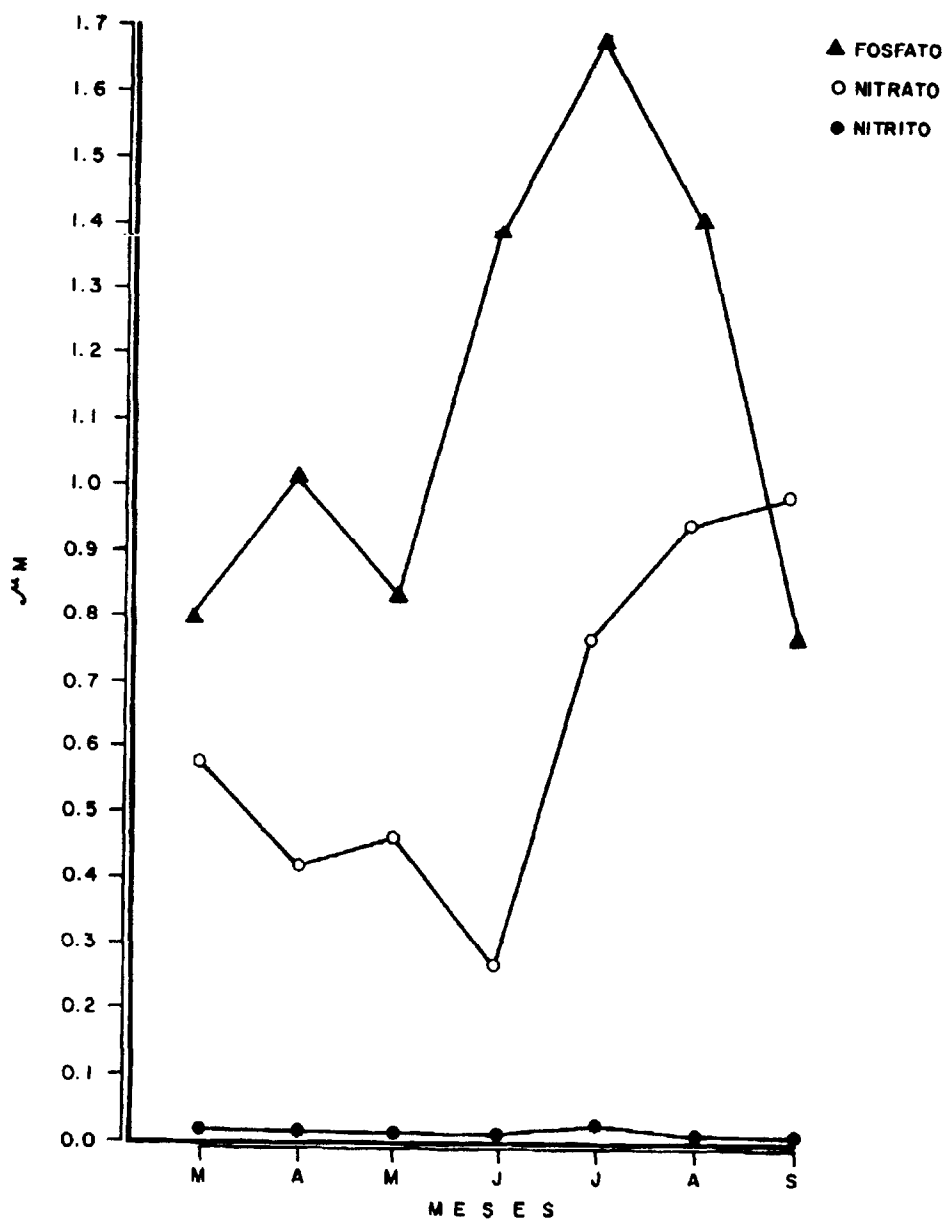


Figura 2. Comportamiento mensual de nutrientes en la Bahía de Todos Santos, BC. El dato graficado es la mediana.

Figure 2. Monthly behavior of nutrients in the Bahía de Todos Santos, BC. The plotted datum is the mean.

dios previos en las descargas de aguas residuales del municipio e industria pesquera (Segovia-Zavala, 1982; Segovia-Zavala y Galindo Bect, 1984) y se establecieron ma-

most defined pattern during that period. Faganeli (1982) states that phosphate is an indicator of coastal pollution due to urban residue outfalls.

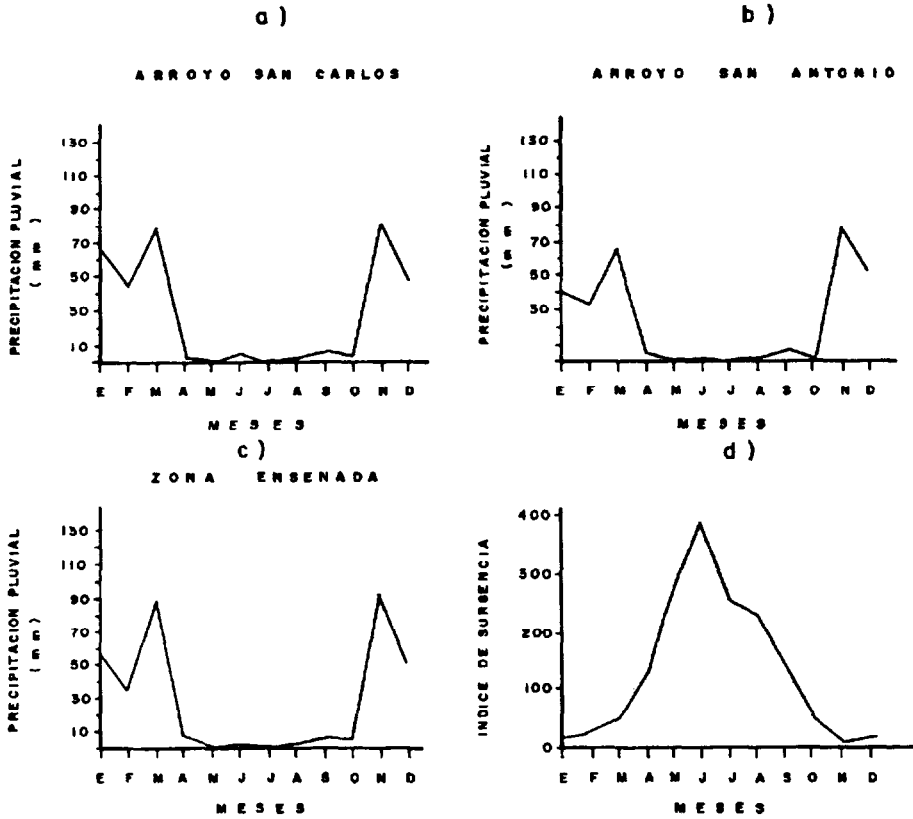


Figura 3 (a, b y c). Precipitación pluvial en los principales afluentes a la Bahía de Todos Santos, BC, durante el período de estudio.

Figure 3 (a, b and c). Rainfall in the main affluents of the Bahía de Todos Santos, BC, during the study period.

Figura 3d. Índice de surgencia a los 33° N, 119° W.

Figure 3d. Upwelling index at 33° N, 119° W.

yores cargas orgánicas (DBO, DQO y STV) evacuadas durante este período; además Rivera-Duarte *et al.*, (1982) y Arce-Duarte (1984) reportan evidencias de alteraciones físico-químicas del agua costera por oxidación de materia orgánica: disminución de oxígeno, altas demandas de oxígeno, sólidos suspendidos volátiles, presencia de amonio y sulfuros. El fósforo es el que presenta un patrón más definido durante el período; Faganeli (1982) señala al fósforo como un indicador de contaminación costera por descargas residuales urbanas.

The slightly high concentrations in the forms of nitrogen (NO_2 and NO_3) for March are perhaps related to rainfall (Fig. 3a-c), which was maximum in this month. Along with the rain, comes a great variety of organic and inorganic material, which is a considerable source of nutrients. From March to June, an excessive development of *Gonyaulax polyedra* in the same study zone was detected (Orellana Cepeda, pers. com.). This explains in part the possible presence and posterior decrease of nutrients, particularly the nitrate. The upwelling index (Fig. 3d) next to the study zone did not show much influence in March.

Las concentraciones ligeramente altas en las formas de nitrógeno (NO_2 y NO_3) para el mes de marzo están posiblemente relacionados con la precipitación pluvial (Fig. 3a-c), la cual fue máxima en este mes y por medio de ésta se acarrea una gran variedad de material orgánico e inorgánico, ya que es una fuente importante de nutrientes. Durante los meses de marzo a junio se detectó un excesivo desarrollo de *Gonyaulax polyedra* (Orellana Cepeda, com. pers.) en la misma zona de estudio. Esto permite en parte explicar la posible presencia y posterior disminución de nutrientes, principalmente el nitrato. El índice de surgencia (Fig. 3d) cercano a la zona de estudio no mostró una gran influencia para el mes de marzo.

Respecto al comportamiento temporal por zonas, éste dependerá de ciertos factores como la calidad y cantidad de material introducido, los procesos fisico-químicos, biológicos y oceanográficos que determinan en última instancia los niveles de concentraciones de nutrientes. Es sin duda un proceso complejo a explicar, pero existen algunas evidencias definitivas.

Peña-Manjarrez (1984), tesis profesional en elaboración, citado por Arce-Duarte (1984), indica que el Arroyo El Gallo (Est. 9) es el que aporta una mayor cantidad de desechos urbanos e industriales a la Bahía de Todos Santos. Orozco-Borbón y Gutiérrez-Galindo (1982), Orozco-Borbón y Delgadillo-Hinojosa (1983), Sañudo-Wilhelmy et al. (1984), Morales-Chávez (1984), Delgadillo-Hinojosa (1985), detectan que la zona RC presenta los índices más altos en bacterias coliformes totales y fecales provenientes de la ciudad de Ensenada e industrias aledañas vía Arroyo El Gallo.

Arce-Duarte (1984), al comparar las zonas SA, RC y PB, encuentra que no existen diferencias significativas en O_2 , D. B. O. - D. Q. O.; aunque sí las existen para los sólidos suspendidos volátiles y son de mayor a menor concentración en las zonas RC, PB y SA, debido a la existencia de condiciones de protección en la rada portuaria y a un mayor tiempo de residencia de las aguas en dicha zona. Los valores máximos se presentan en los meses de máxima producción (mayo a agosto).

As to the temporal behavior by zone, it will depend on certain factors such as the quality and the quantity of material introduced, the physico-chemical, biological and oceanographic processes that determine the nutrient concentration levels. Undoubtedly, it is a complex process to explain but there is definite evidence.

Peña-Manjarrez (1984), thesis in preparation quoted by Arce-Duarte (1984) indicates that the Arroyo El Gallo (Station 9) brings a larger quantity of urban and industrial wastes to the Bahía de Todos Santos. Orozco-Borbón and Gutiérrez-Galindo (1982), Orozco-Borbón and Delgadillo-Hinojosa (1983), Sañudo-Wilhelmy et al., (1984), Morales-Chávez (1984); Delgadillo-Hinojosa (1985), detect that the RC zone presents the highest indexes in total and faecal coliform bacteria proceeding from Ensenada and adjacent industries through the Arroyo El Gallo.

Comparing the SA, RC and PB zones, Arce-Duarte (1984) finds that there are no significant differences in O_2 , D. B. O. - D. Q. O., although there are differences in the volatile suspended solids which occur from a higher to a lower concentration in the RC, PB and SA zones. It is pointed out that the harbor is under protection and the water stays longer there. The maximum values occur during the most productive months (from May to August). Note that the NO_3 presents generally the high and medium values in the SA zone perhaps because it is a semi-open coastal zone, directly influenced by the winds and currents compared to the RC zone which causes a greater dispersion of the oxidation and dilution pollutants. Note that the fishing industry fundamentally discharges proteic material which produces nitrates when it oxidizes in aerobic conditions. Rivera-Duarte (1984) points out that due to the dynamic nature of the bodies receiving open sea, the pollutants tend not to remain in the zone for a long time and the effect will probably not last for more than a few days.

The nutrient concentrations detected in the PB zone can be influenced by the Estero de Punta Banda since related studies (Al-

Cabe notar que los NO_3 ocupan comúnmente los valores altos y medios en la zona SA debido posiblemente a que es una zona de costa semi-abierta directamente influenciada por los vientos y corrientes en comparación a la zona RC, lo cual permite una mayor dispersión de los contaminantes, oxidación y dilución; hay que resaltar que la industria pesquera desecha básicamente material protéico, el cual al oxidarse en condiciones aeróbicas da como resultado nitratos. Rivera-Duarte (1984) señala que debido a la naturaleza dinámica de los cuerpos receptores de mar abierto, existe la tendencia a que los contaminantes no permanezcan por períodos largos en la zona y probablemente el efecto no pase de unos días.

Las concentraciones de nutrientes detectadas en la zona PB pueden ser influenciadas por el Estero del mismo nombre, ya que estudios referentes (Alvarez-Borrego *et al.*, 1977; Zertuche González y Alvarez Borrego, 1978; Millán-Núñez *et al.*, 1981) lo han revelado como una zona rica en nutrientes. Cabe señalar que el Estero tiene un corto tiempo de residencia de sus aguas (De la Paz, 1978). Green *et al.* (1984) han establecido un flujo importante de nutrientes por la remineralización en agua intersticial de los sedimentos del mismo Estero, los cuales son exportados por las corrientes de marea hacia la zona costera adyacente.

Es evidente que la Bahía de Todos Santos presenta el fenómeno de eutroficación inducida por contaminación orgánica de origen industrial y urbano en las zonas adyacentes a las descargas orgánicas. Dado que no existen trabajos específicos sobre nutrientes en la zona de estudio, éstos se comparan con resultados de estudios aledaños a la zona.

Chávez de Ochoa (1975) observó en mar abierto frente a las islas de Todos Santos y la Península de Punta Banda en el mes de mayo de 1974, las más altas concentraciones de NO_3 ($4\mu\text{M}$) a 10m de profundidad, y las menores en los meses de marzo y diciembre ($2\mu\text{M}$) a la misma profundidad.

Dada la dinámica de la Bahía, el agua de surgencia de la zona oceánica adyacente es acarreada hasta la región frente a la boca del

varez-Borrego, *et al.*, 1977; Zertuche-González y Alvarez-Borrego, 1978; Millán-Núñez, *et al.*, 1981) have shown that it is a zone rich in nutrients. Note that the Estuary waters remain during a short time (De la Paz, 1978). Green *et al.* (1984) have established a considerable nutrient flow due to remineralization in interstitial water of the estuarine sediments which are exported to the adjacent coastal zone by the tidal currents.

It is clear that Bahía de Todos Santos presents the induced eutrophication phenomenon by industrial and urban organic pollution in the zones adjacent to the organic outfalls. Since there are no specific studies on nutrients in the study zone, they are compared with the results of the studies on the area adjacent to the zone.

In the open sea, in front of Isla de Todos Santos and the Punta Banda Peninsula, in May 1974, Chávez de Ochoa (1975) observed the highest concentration of NO_3 ($4\mu\text{M}$), 10m deep. These concentrations were lower in March and December ($2\mu\text{M}$) at the same depth.

Due to the Bahía dynamics, the upwelled water of the adjacent oceanic zone is brought to the area in front of the Estero mouth and then into it by the tidal currents. This water has been conditioned during the way to produce phytoplankton and gets to the Estero with relatively low nutrient concentrations and temperature and high chlorophyll *a* and primary productivity (Millán-Núñez, *et al.*, 1981). PO_4 values are found between 0.25 and $1.25\mu\text{M}$ at the mouth of the Estuary and inside it, values of 0.4- $1.75\mu\text{M}$ in September 1979. Alvarez-Borrego, *et al.* (1977) report for NO_3 a range of values close to 0.0 and $0.9\mu\text{M}$ in spring and in summer close to 0.0 and $1.1\mu\text{M}$. For PO_4 , they observe ranges from 0.3 to $2.0\mu\text{M}$ in spring and from 0.6 to $1.4\mu\text{M}$ in summer. Zertuche-González and Alvarez-Borrego (1978) observe PO_4 values from 0.02 to $0.9\mu\text{M}$ in front of the Estero mouth. In this paper, PO_4 ranges from 0.14 to $>5.0\mu\text{M}$ were detected and the highest values are located next to the industrial and urban outfalls. Ranges from <0.01 to $0.915\mu\text{M}$ were detected for NO_2 and from 0.05 to $12.1\mu\text{M}$ for NO_3 . Transition takes place from an olig-

Estero y luego a su interior por las corrientes de marea, Esta agua ha sido condicionada durante la trayectoria para una productividad del fitoplancton y llega al Estero con relativamente bajas concentraciones de nutrientes y temperatura y alta clorofila *a* y productividad primaria (Millán-Núñez *et al.*, 1981). Se encontraron valores de PO₄ en un intervalo de 0.25 - 1.25 μM en la boca del Estero, y en el interior del mismo, valores de 0.4 - 1.75 μM en septiembre de 1979. Alvarez-Borrego *et al.* (1977) reportan NO₃ con un intervalo de valores cercanos a 0.0 - 0.9 μM en primavera y en verano próximos a 0.0 - 1.1 μM. Para PO₄, observan intervalos de 0.3 - 2.0 μM en primavera y en verano de 0.6 - 1.4 μM. Zertuche-González y Alvarez-Borrego (1978) observan valores de PO₄ de 0.02 a 0.9 μM frente a la boca del Estero. Para el presente trabajo se detectaron intervalos de PO₄ de 0.14 a > 5.0 μM. Los valores altos se localizaron cercanos a las zonas de descargas residuales industriales y urbanas. Para NO₂ se detectaron intervalos de <0.01 a 0.915 μM. Los NO₃ se detectaron con un intervalo de <.05 a 12.1 μM, y se evidenció la transición de fase oligotrófica a eutrófica del medio costero receptor influenciado de acuerdo a las temporadas de máxima producción industrial del pescado y descargas urbanas.

CONCLUSION

Se presenta una fase de transición oligotrófica a una eutrófica, ésta última durante meses de verano en concordancia con épocas de mayor producción pesquera y descargas municipales; este comportamiento se observó principalmente para PO₄ y NO₃.

Las zonas de mayor a menor influencia son la rada del Puerto de Ensenada, El Sauzal y Punta Banda.

LITERATURA CITADA

- Alvarez-Borrego, S., Lara-Lara, J.R. y Acosta-Ruiz, M.J. (1977) Parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria en dos antiestuarios de Baja California. *Ciencias Marinas* 4(1): 12-22.
- Arce-Duarte, F.A. (1984) Efectos de la contaminación orgánica en la zona costera de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Tesis Oceanología. ESCM - UABC, Ensenada, BC.
- Carpenter, H.J. (1973) Determining Ultimate Capacity of the Coastal Zone for Wastewater and Wastewater Residuals. In: F.E. McJunkin and P.A. Vesilind (Eds.) National Symposium on Ultimate Disposal of Wastewater and theirs Residuals. Raleigh, NY. 216-225.
- Chávez de Ochoa, C. (1975) Algunas condiciones de surgencia durante la primavera de 1974 para el área adyacente a Punta Banda, BC. *Ciencias Marinas* 2(2): 111-124.
- De la Paz-Vela, R. (1978) Hidrodinámica y dispersión contaminantes en el Estero de Punta Banda, BC. Tesis Oceanología, ESCM - UABC, Ensenada, BC.
- Delgadillo-Hinojosa, F. (1985) Contaminación fecal en sedimentos superficiales de la zona litoral de la Bahía de Todos Santos, BC. Tesis Oceanología, ESCM - UABC, Ensenada, BC.
- Eppley, R.W., Carlucci, A.F., Holm-Hansen, O., Kiefer, D., McCarthy, J.J. and Williams, P.M. (1972) Evidence of Eutrophication in the Sea near Southern California Coastal Sewage Outfalls. *Calif. Res. Comm. Calcofi Rep.* 16: 74-83.
- otrophic to a eutrophic phase of the coastal medium influenced according to the season of maximum industrial fish production and urban outfall.

CONCLUSION

A transition from an oligotrophic to a eutrophic phase is presented. The latter occurs during the summer according to periods of higher fish production and town outfalls. This behavior was observed mainly for PO₄ and NO₃.

The zone from higher to lower influence are the harbor, El Sauzal and Punta Banda.

Katarzyna Michejda translated this paper into English.

- Faganeli, J. (1982) Nutrient Dynamics in Seawater Column in the Vicinity of Piran Submarine Outfall Sewage (North Adriatic) *Marine Pollution Bulletin* 13(2):61-66.
- Friligos, N. (1983) Enrichment of Inorganic Nutrients in the Western Saronikos Gulf. *Marine Pollution Bulletin* 14(2): 52-57.
- Galindo-Bect, M.S., Segovia-Zavala, J.A. y Rivera-Duarte, I. (1983) Contenido de materia orgánica en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Estudio general de la contaminación costera en el Estado de Baja California. Informe Anual 1983. UABC - IIO - SEP.
- Goldman, J.C. (1976) Identification of Nitrogen as a Growth Limiting Nutrient in Waste-Waters and Coastal Marine Waters Through Continuous Culture Algal Essays. *Wat. Res.* 10: 97-104.
- Green Ruiz, Ma. de J., Caschetto, S. y Alvarez Borrego, S. (1984) Silice disuelto en la columna de agua y en las aguas intersticiales de una laguna costera. *Ciencias Marinas* 9(2): 51-74.
- Ketchum, B.H. (1982) Nutrients in the Marine Environment in: Impact of Man on the Coastal Environment. Thomas W. Duke (Tech. Ed). Environmental Protection Agency, Washington DC, EPA-600/8-82-021.
- Lizárraga-Partida, M.L. (1973) Contribución al estudio de los vermes anélidos poliquetos como indicadores de contaminación orgánica. Tesis Oceanología, ESCM - UABC, Ensenada, BC.
- Millán-Núñez, E., Ortiz-Cortez, F.J. y Alvarez Borrego, S. (1981) Variabilidad temporal y espacial de nutrientes y fitoplancton en una laguna costera, a finales de verano. *Ciencias Marinas* 7(1): 103-128.
- Morales-Chávez, R. (1984) Colimetría de descargas de aguas industriales domésticas y en la zona de rompientes de la Bahía de Todos Santos, BC. Tesis Oceanología, ESCM - UABC, Ensenada, BC.
- Orozco-Borbón, V. y Gutiérrez-Galindo, E.A. (1982) Evaluación preliminar bacteriológica costera en la zona del Puerto de Ensenada, Baja California. Estudio general de la contaminación costera en el Estado de Baja California. Informe Anual 1982. UABC - IIO - SEP. 29-41.
- Orozco-Borbón, V. y Delgadillo-Hinojosa, F. (1983) Estimación de la contaminación bacteriológica en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Estudio general de la contaminación costera en el Estado de Baja California. Informe Anual 1983. UABC - IIO - SEP. 13-34.
- Postman, H. (1967) Marine Pollution and Sedimentology in T.A. Olson and F.J. Burgers (Eds.). *Pollution and Marine Ecology* Intersciences Publishers. 225-234.
- Rivera-Duarte, I., Segovia Zavala, J.A. y Galindo Bect, M.S. (1979) Comportamiento de la materia orgánica en las aguas de la Bahía de Todos Santos, BC. Estudios básicos para el diagnóstico permanente de la contaminación en Baja California. IIO - UABC, Ensenada, BC, México.
- Rivera-Duarte, I., Galindo Bect, M.S., Segovia-Zavala, J.A. y Arce-Duarte, F.A. (1982) Calidad físico-química de la zona costera de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Estudio general de la contaminación costera en el Estado de Baja California. Informe Anual 1982. IIO - UABC - SEP 64-87.
- Rivera-Duarte, I. (1984) Comportamiento de los contaminantes derivados de la industria pesquera en la región de El Sauzal, Bahía de Todos Santos, BC. Tesis Oceanología, ESCM - UABC, Ensenada, BC.
- Sañudo-Wilhelmy, S., Morales-Yáñez, A. y Vargas-Flores, J.A. (1984) Contaminación fecal en la Bahía de Ensenada, México. *Ciencias Marinas* 10(1): 7-17.
- Secretaría de Marina (1974) Estudio geográfico de la región de Ensenada, BC, México. 463pp.

Segovia-Zavala, J.A., Galindo, M.S. y Rivera-Duarte, I. (1981) Estudio de contaminación orgánica por desechos domésticos industriales de Ensenada, BC, en: Estudios básicos para el diagnóstico permanente de la contaminación en Baja California. IIO - UABC, Ensenada, BC, México.

Segovia-Zavala, J.A. (1982) Estudio de la contaminación por materia orgánica en la zona industrial de El Sauzal, BC. Tesis Oceanografía, E.S.C.M.- U.A.B.C., Ensenada, BC.

Segovia-Zavala, J.A. y Galindo Bect, M.S. (1984) Fuentes de contaminación por materia orgánica en la Bahía de Todos Santos, Baja California. *Ciencias Marinas* 10(1): 19-32.

Strickland, D.H. and Parsons, T.R. (1972) *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fish. Res. Board of Canada Bull., (2nd Ed.) 167: 45-63 y 71-80.

Topping, G. (1976) *Sewage and the Sea*. In: R. Jonston (Ed.). *Marine Pollution*. Academic Press. NY. 312-315.

Warren, E.C. (1971) *Biology and Water Pollution Control Six Kinds of Water Pollution*. W.B. Sanders Philadelphia. 57-63.

Zertuche-González, J.A. y Alvarez-Borrego, S. (1978) Series de tiempo de variables físico-químicas en las bocas de dos antiestuarios de Baja California. *Ciencias Marinas* 5(1): 91-103.