

**VARIACIÓN DEL FITOPLANCTON CON RELACIÓN A LAS
AGUAS RESIDUALES EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, B.C.**

TESIS

QUE PRESENTA:


IVONE GIFFARD MENA

APROBADA POR:



PRESIDENTE DEL JURADO

M. en C. EDUARDO MILLÁN NÚÑEZ



SINODAL PROPIETARIO

M. en C. FRANCISCO DELGADILLO HINOJOSA



SINODAL PROPIETARIO

Dr. EDUARDO SANTAMARIA DEL ÁNGEL

**COORD. DEL SISTEMA DE INFORMACION
ACADEMICA U.A.B.C.**

RESUMEN

Se realizaron muestreos de agua de mar superficial en la Bahía de Todos Santos ^{desde} ~~xxx~~ de julio de 1991 a enero de 1992 con el propósito de detectar y evaluar el efecto de las descargas de aguas residuales del arroyo "El Gallo" sobre la comunidad del fitoplancton en 10 estaciones distribuidas espacialmente en la bahía. En general se observó menor salinidad, menor concentración de oxígeno disuelto y menor penetración de luz en la zona cercana a la descarga, aumentando dichos valores a medida que se incrementó la distancia del efluente. En contraste, las concentraciones de fosfatos y coliformes fecales fueron mayores cerca del efluente. Se detectó la influencia de la descarga de aguas residuales sobre la biomasa del fitoplancton pero no sobre la estructura de la comunidad a pesar de que algunos géneros de diatomeas y dinoflagelados se mantuvieron dominantes tanto en tiempo como en espacio. La biomasa y abundancia de fitoplancton se relacionaron de manera inversa con la penetración de la luz manifestándose el papel del fitoplancton en la atenuación de la luz. Se detectó la presencia de un florecimiento fitoplanctónico de *Skeletonema* sp. durante septiembre-octubre-noviembre. Durante el período de estudio se presentó una sucesión fitoplanctónica constituida por nanoflagelados seguida por diatomeas y nuevamente por nanoflagelados. Los dinoflagelados no fueron abundantes en ningún momento durante el estudio.

La presente Tesis forma parte del Proyecto:
"Estudio integral para evaluar la calidad del agua en la región de Ensenada, B.C."

Por apoyo solicitado por la comisión Estatal de Servicios Públicos de
Ensenada, B.C. (CESPE).

En la sección:
"Monitoreo de la Contaminación marina en la Bahía de Todos Santos, B.C."

Estudio realizado a través de:
Secretaría de Marina. Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada.

AGRADECIMIENTOS.

Al Oc. Rafael Chavez y Oc. Guillermo Martínez así como al personal técnico de la Secretaría de Marina por colaborar con gran parte de la información.

Al M. en C. Sergio Larios por su ayuda con los mapas y a Cuahutemoc Nava por las diapositivas de la descarga de CESPE para la presentación.

A CICESE por el apoyo con el análisis de las muestras.

A mi director de tesis M. en C. Eduardo Millán Núñez por su gran paciencia y apoyo.

Al Dr. Eduardo Santamaría del Ángel por su ayuda en la estadística y consejos para la tesis.

Al M. en C. Francisco Delgadillo por sus buenos comentarios y observaciones sobre el trabajo.

A todos mis compañeros de batalla, a Richard, gracias a Gisela y Yoli por la coputadora

A la M. en C. Sonia Soto Rodríguez por enseñarme a ver la vida de otra forma.

En especial a mis padres porque siempre han estado allí cuando los he necesitado, así como a mis hermanas Martha, Ethel y Brendi por compartir mis locuras. Gracias por su confianza y amor. Así como a mis pequeñines que son una gran luz de alegría en la vida (Maren, Pipo y Arantxa)

CONTENIDO.

	Pag.
Índice de figuras.....	ii
Índice de tablas.....	iii
1. Introducción	
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Hipótesis.....	5
1.3 Objetivo.....	5
2. Materiales y Métodos	
2.1 Descripción del área de estudio.....	6
2.2 Metodología.....	9
2.2.1 Muestreo de campo.....	9
2.2.2 Análisis de laboratorio.....	10
2.2.3 Análisis de datos.....	11
2.2.3.1 Fitoplancton.....	11
2.2.3.2 Variación espacial	12
2.2.3.3 Variación temporal.....	12
Resultados	
3.1 Variación temporal.....	13
3.2 Distribución espacial.....	19
3.3 Análisis de la comunidad del fitoplancton.....	25
3.4 Análisis de la variación espacial.....	29
3.5 Análisis de la variación temporal.....	34
4. Discusión	
<i>Influencia de las aguas residuales sobre el fitoplancton.....</i>	36
5. Conclusiones.....	45
6. Bibliografía.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Pag.
Fig.- 1 Bahía de Todos Santos, B. C. Ubicación de las estaciones de muestreo y localización geográfica de las descargas de aguas residuales.....	7
Fig.- 2 Patrón general de circulación superficial del agua de la Bahía de Todos Santos, B.C.....	8
Fig.- 3 Variabilidad temporal por estaciones de: (a) temperatura, (b) salinidad, (c) oxígeno y (d) fosfatos.....	14
Fig.- 4. Variabilidad temporal por estaciones de: (a) silicatos, (b) clorofila "a", (c) abundancia de fitoplancton total y (d) abundancia promedio de fitoplancton por grupos taxonómicos.....	15
Fig.- 5. Variabilidad temporal por estaciones de: (a) abundancia de diatomeas, (b) abundancia de dinoflagelados y (c) abundancia de nanoflagelados.....	17
Fig.- 6 Variabilidad temporal por estaciones de: (a) coliformes fecales, (b) penetración de luz y (c) aportes de nutrientes.....	18
Fig.- 7 Distribución espacial superficial de: (a) temperatura en julio, (b) temperatura en noviembre, (c) oxígeno en julio y oxígeno en diciembre.....	20
Fig.- 8 Distribución espacial superficial de: (a) salinidad en noviembre, (b) fosfatos en noviembre, (c) silicatos en agosto y (d) silicatos en noviembre.....	21
Fig.- 9 Distribución espacial superficial de: (a) clorofila "a" en julio, (b) fitoplancton total en noviembre, (c) abundancia de diatomeas en octubre y (d) abundancia de dinoflagelados en noviembre.....	22
Fig.- 10 Distribución espacial superficial de: (a) coliformes fecales en noviembre, (b) penetración de luz en octubre.....	24
Fig.- 11 Flujo de aguas residuales del efluente de la planta de tratamiento del CESPE....	23
Fig.- 12 Intervalo de concentración de las variables significativas: (a) salinidad, (b) oxígeno, (c) fosfatos, (d) clorofila "a" (e) coliformes fecales y (f) penetración de luz.....	31
Fig.- 13 Correlaciones entre: a) fosfatos y salinidad, b) salinidad y clorofila "a", c) salinidad y coliformes fecales y d) fosfatos y clorofila "a".....	32
Fig.- 14 Correlaciones entre: a) fosfatos y coliformes fecales, b) penetración de la luz y clorofila "a", c) penetración de la luz y abundancia de fitoplancton total, d) penetración de la luz y abundancia de diatomeas y e) abundancia de diatomeas, dinoflagelados y penetración de luz.....	33

ÍNDICE DE TABLAS.

	Pag.
Tabla I.- Análisis del fitoplancton (número de campos totales).....	11
Tabla II.- Presencia y ausencia del fitoplancton durante 1991 en Bahía de Todos Santos, B.C.....	26
Tabla III.- (a) Amplitud de nicho fitoplanctónico temporal.....	27
(b) Amplitud de nicho fitoplanctónico espacial.....	28
Tabla IV.- Correlación de Pearson con datos promedio.....	30
Tabla V.- Contribución relativa de las variables al componente principal y porcentaje de variabilidad explicada por cada componente.....	35

1. INTRODUCCIÓN.

✳ La importancia del fitoplancton radica en que son los productores primarios de la cadena trófica alimenticia del océano, su biomasa determina directamente la productividad del agua. Se ha observado que las descargas de aguas residuales domésticas afectan las poblaciones naturales de fitoplancton, por lo tanto la productividad (Alassarela, 1979). Poco se sabe de la tendencia, consecuencias a corto y largo plazo de estas disposiciones sobre el fitoplancton.

Una ventaja de trabajar con estos organismos, es su rápida respuesta a los cambios en el medio ambiente, debido a que multiplican sus poblaciones en cuestión de horas pues tienen tasas de división celular hasta de 0.16 día^{-1} (Roberts, 1979; Epley, 1986; Tomas *et al.*, 1993) de tal forma que cualquier alteración se ve reflejada en la comunidad del fitoplancton (Odum, 1978; Smayda y Shimizu, 1993).

Actualmente, es posible describir cambios en las poblaciones de microalgas identificando por grandes grupos taxonómicos, tal y como lo plantearon Santamaría del Ángel y Millán-Núñez (1991) quienes sugirieron que la identificación a nivel de género fue suficiente para conocer la variabilidad de la comunidad del fitoplancton en un estudio realizado en Bahía de los Ángeles, B.C. En el mismo estudio se encontró que los cambios día a día no afectan a las poblaciones dominantes, mientras que los grupos no dominantes cambian según las condiciones ambientales diarias.

Debido a que las células presentan adaptaciones según las condiciones de su medio ambiente (Steeman-Nielsen, 1975; Morris, 1980; Bidigare *et al.*, 1990 y Sathyendranath *et al.*, 1996) es interesante relacionar el contenido total de clorofila "a" (biomasa) con la abundancia y estructura taxonómica, así como con la variabilidad espacio-temporal de la población para poder interpretar de mejor forma las fluctuaciones en la comunidad (Harris, 1986).

✳ Esta información es muy útil para entender el funcionamiento de ecosistemas con cierto grado de contaminación (Bodeanu, 1993), pues se ha reportado que los efluentes domésticos generan cambios sobre la biota marina donde son vertidos (Segovia-Zavala *et al.*, 1988; Encalada-Fleites y Millán-Núñez, 1990).

Es posible detectar la influencia de las descargas sobre el medio marino utilizando indicadores químicos, físicos o biológicos. Entre ellos están; bajas concentraciones de oxígeno

disuelto, altas concentraciones de nutrientes y de detergentes, alta temperatura, baja salinidad y alta turbidez, alta carga bacteriana y cambios en comunidades planctónicas (APHA, 1981).

Las aguas residuales domésticas tienen alto contenido de detergentes (Devik, 1976; Cacho-López, 1992), éstos compuestos orgánicos están formados esencialmente de polifosfatos que posteriormente son degradados a ortofosfatos (Snóyeink, 1990) convirtiéndose en uno de los nutrientes primordiales para el desarrollo de poblaciones fitoplanctónicas (Raymont, 1980; Berger *et al.*, 1989). Se tiene registros de que excesos de orto-fosfatos generan un crecimiento acelerado del fitoplancton en la zona donde son vertidos (Pesson, 1979), motivo por el cual los fosfatos se han usado como indicador para monitorear la contaminación doméstica (Frigos, 1981).

De forma natural, la concentración de fosfatos varía de un lugar a otro, debido a los diferentes procesos advectivos del océano (Riley y Chester, 1989; Millero y Sohn, 1992) sin embargo es posible identificar su presencia debido al enriquecimiento antropogénico, ya que al ser liberados en agua de mar fertilizan el ambiente, y presentan mayores concentraciones cerca del efluente, diluyéndose en forma horizontal hasta alcanzar menores valores lejos del origen (Frigos, 1983; David y Raffelini, 1984; Zingone *et al.*, 1995).

Por otro lado, los coliformes fecales son ampliamente utilizados para establecer la calidad bacteriológica del agua, así como su grado de contaminación, ya que éstas bacterias se desarrollan únicamente en el intestino y heces de organismos de sangre caliente, y su presencia en el océano, señala influencia antropogénica reciente, debido a que su permanencia es menor de 36 horas y además son muy abundantes en dichos efluentes. (APHA, 1981). La importancia de estos microorganismos radica en que son indicadores directos de la descarga doméstica.

En las últimas dos décadas, investigadores de diversos países han intentado interpretar los patrones de fluctuación biótica ocasionados por alteraciones ambientales del hombre y encontrar alguna relación entre las características físico-químicas del agua y las estructuras fitoplanctónicas (Alasaarela, 1979; Thompson y Ho, 1981; Raman y Phani, 1989). Estos autores encontraron que las altas concentraciones de materia orgánica y fosfato incrementaron los pigmentos fotosintéticos del fitoplancton y presentaron cambios en la estructura taxonómica del fitoplancton (con mayor dominancia y abundancia) en las zonas afectadas por descargas residuales.

Autores como Friligos y Koussouris (1984) y Friligos (1989) han detectado en el mar mediterráneo algunos géneros dominantes de microalgas asociadas a descargas de origen doméstico. Específicamente señalan a los dinoflagelados (*Gymnodinium* sp., *Prorocentrum micans*, *Peridinium* sp., *Ceratium* sp.) como indicadores de contaminación mientras que la abundancia y diversidad de diatomeas (*Chaetoceros* sp., *Leptocylindrus* sp., *Nitzschia seriata* y *Skeletonema costatum*) es más variables según las condiciones hidrográficas (Vilic et. al., 1995).

Considerando que el desarrollo del fitoplancton depende de una combinación de factores físicos y químicos es necesario caracterizar cada región, en especial aquellas donde existe influencia antropogénica. El presente trabajo pretende conocer de que forma se comporta la comunidad del fitoplancton con relación a la descarga de aguas residuales del arroyo "El Gallo".

1.1 ANTECEDENTES

Un muestreo anual realizado en 1990 en la zona de El Sauzal, indicó la existencia de dos sucesiones fitoplanctónicas (Mosqueda-Razo, 1995). Durante todo el periodo de estudio, los dinoflagelados *Peridinium cuadra* y *Gonyaulax poliedra* tuvieron mayor abundancia, mientras que la diatomea *Nitzschia seriata* fue abundante únicamente en marzo y otoño. En la misma área durante un ciclo de mayo de 1989 a junio de 1990, se observó que la concentración de silicatos fue mayor durante invierno y varió inversamente con el grupo de diatomeas (Cacho-López, 1992).

✱ Durante 1982 se encontró una mayor biomasa en zonas afectadas por descargas de aguas residuales en la Bahía de Todos Santos, B.C. (Aguirre-Buenfil, 1983). En otro estudio anual (1986-1987) se detectó que los procesos de mezcla o eventos de surgencias reflejan incrementos en el grupo de las diatomeas durante junio y noviembre (Millán-Núñez y Loya-Salinas, 1993). Para mayo de 1983 se presentaron mayores densidades de dinoflagelados incrementándose los géneros; *Exuviella* sp., *Gonyaulax* spp., *Prorocentrum* spp. y *Peridinium* spp. (Rivas-Lozano y Millán-Núñez, 1991).

✱ Las industrias procesadoras de productos marinos y la planta de tratamiento de las aguas residuales la ciudad de Ensenada, aportan alto contenido de materia orgánica (DBO, DQO y Sólidos Totales Volátiles) a la Bahía, a través de las descargas del arroyo "El Gallo" (Peña-Manjarrez, 1987). Esta carga orgánica varía con el tiempo y se han detectado valores máximos en verano, disminuyendo en invierno.

De manera opuesta, el aporte de fosfatos a la Bahía de Todos Santos fue mayor durante invierno de 1991. Estas altas concentraciones se han atribuido al efluente doméstico, ya que la descarga de aguas industriales fue nula (Olivos-Ortiz, 1994). Los fosfatos presentaron una distribución paralela a la costa, con una dirección de norte a sur hacia la boca del Estero Punta Banda, B.C.

✱ Al respecto se ha reportado, que el aporte antropogénico de fosfatos es cuatro veces mayor que el aporte natural del Estero de Punta Banda, y que las concentraciones de detergentes del arroyo "El Gallo", han excedido los límites máximos permisibles de descarga (Rincón-Espinoza, 1996) establecidos tanto en la Norma Oficial Mexicana cómo al Criterio Ecológico para protección de la vida marina.

En cuanto a calidad bacteriológica de la Bahía de Todos Santos, diversas evaluaciones (Morales-Chávez, 1984; Delgadillo-Hinojosa, 1985; Jiménez-González, 1989) han señalado que la principal descarga de agua de desecho doméstico-industrial, es la aportada por el arroyo "El Gallo", con valores máximos de coliformes fecales en las estaciones cercanas al efluente (Secretaría de Marina, 1992), resultando ser más afectadas las playas; Cueva de los Tigres y Playa Hermosa, debido a su cercanía a la disposición y a que hay una dispersión de las aguas residuales desde la zona de origen hacia el centro y sur de la bahía (Orozco-Borbon y Delgadillo-Hinojosa, 1989).

En la mayoría de los estudios que se han realizado sobre fitoplancton en la Bahía de Todos Santos se ha buscado asociar la variabilidad espacio temporal del fitoplancton con los procesos advectivos, químicos y biológicos propios del ecosistema, dejando a un lado el efecto antropogénico.

1.2 HIPÓTESIS

En este estudio, se plantea que la estructura de la comunidad del fitoplancton de la Bahía de Todos Santos, B.C. sufre modificaciones taxonómicas, por el alto contenido de las descargas de aguas residuales domésticas vertidas a través del arroyo "El Gallo". Esta descarga tiene un alto contenido de detergentes ricos en fosfatos, los cuales fertilizan las aguas de la bahía. Se considera que debido a éste enriquecimiento, se presentarán modificaciones en la comunidad del fitoplancton, principalmente en las estaciones más cercanas a la descarga del efluente.

1.3 OBJETIVO

Objetivo general:

Investigar el efecto de las aguas residuales domésticas sobre la comunidad del fitoplancton de la Bahía de Todos Santos, B.C. en el periodo de julio-enero en que el aporte de aguas negras industriales es menor.

Objetivos particulares:

- a) Caracterizar la variabilidad espacio-temporal de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y penetración de la luz para identificar las características hidrológicas de la bahía durante el período de muestreo.
- b) Caracterizar la variabilidad espacio-temporal de fosfatos, silicatos, pigmento fotosintético (clorofila "a"), abundancia de fitoplancton y coliformes fecales, asociando cambios entre la biomasa y abundancia del fitoplancton con relación a los fosfatos, coliformes fecales y penetración de la luz.
- c) Detectar fluctuaciones espaciales y temporales a través del análisis de la estructura de la comunidad del fitoplancton de la Bahía Todos Santos, B.C.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La Bahía de Todos Santos se localiza en la costa oeste de Baja California, entre los $31^{\circ} 41'$ y $31^{\circ} 56'$ N y los $116^{\circ} 33'$ y $116^{\circ} 50'$ W (Fig. 1). Se delimita al norte con Punta San Miguel y al Sur por Punta Banda y las Islas Todos Santos. La bahía tiene una superficie en forma trapezoide con 18 km de largo y 14 km. de ancho, es una bahía semiprotegida con un área aproximada de 166 km^2 . En la costa este de la bahía se encuentra el Estero de Punta Banda, cuyo canal principal en forma de "L" mide 7 km y alcanza una profundidad máxima de 6 m. En promedio, el fondo de la bahía varía entre 10-50 m y posee dos entradas bien diferenciadas; la entrada noroeste con 12 km de ancho y profundidades menores de 50 m con algunos bajos hasta de 6 m, y la entrada suroeste con 6 km de ancho y una profundidad hasta 400 m en el fondo del cañón submarino formado entre Punta Banda y las Islas Todos Santos (Secretaría de Marina, 1974).

Argote-Espinoza, *et al.*, (1975) proponen la presencia de dos giros principales de circulación superficial del agua con tendencia a seguir la topografía de la bahía; uno en la parte norte desde Punta San Miguel hacia el interior y el otro en la parte sur a partir de Punta Banda hasta la altura de la boca del Estero. Estos giros son afectados fuertemente por la dirección de los vientos locales cuya dirección predominante es del suroeste, siendo el de tipo brisa marina, dos veces más intenso que la brisa terrestre y con mayor persistencia en los meses de verano (Pavia-López, 1979).

Cuando los vientos tienen componente norte, las aguas fluyen hacia el interior de la bahía por la parte norte y giran hacia el exterior por la zona de las islas. En la parte sur las aguas penetran a la bahía por la zona adyacente a Punta Banda y giran hacia el exterior a la altura de las islas. Si los vientos presentan una fuerte componente en dirección oeste a suroeste, las aguas tienden a fluir de las zonas de las islas hacia el interior, el giro del norte fluye hacia el exterior por la zona adyacente a Punta San Miguel y otro giro fluye hacia afuera de la costa por la zona adyacente a Punta Banda (Fig. 2) (Argote-Espinoza *et al.*, 1975).

La ciudad de Ensenada, B.C. en 1990 contaba con una población total de 259,979 habitantes (INEGI, 1990). Las fuentes de contaminación más importantes a la Bahía de Todos Santos son: los aportes por aguas residuales industriales, domésticas y mixtas en las zonas de El Sauzal, Playitas, y el arroyo "El Gallo" (Fig. 1). Se ha detectado que en general durante el verano

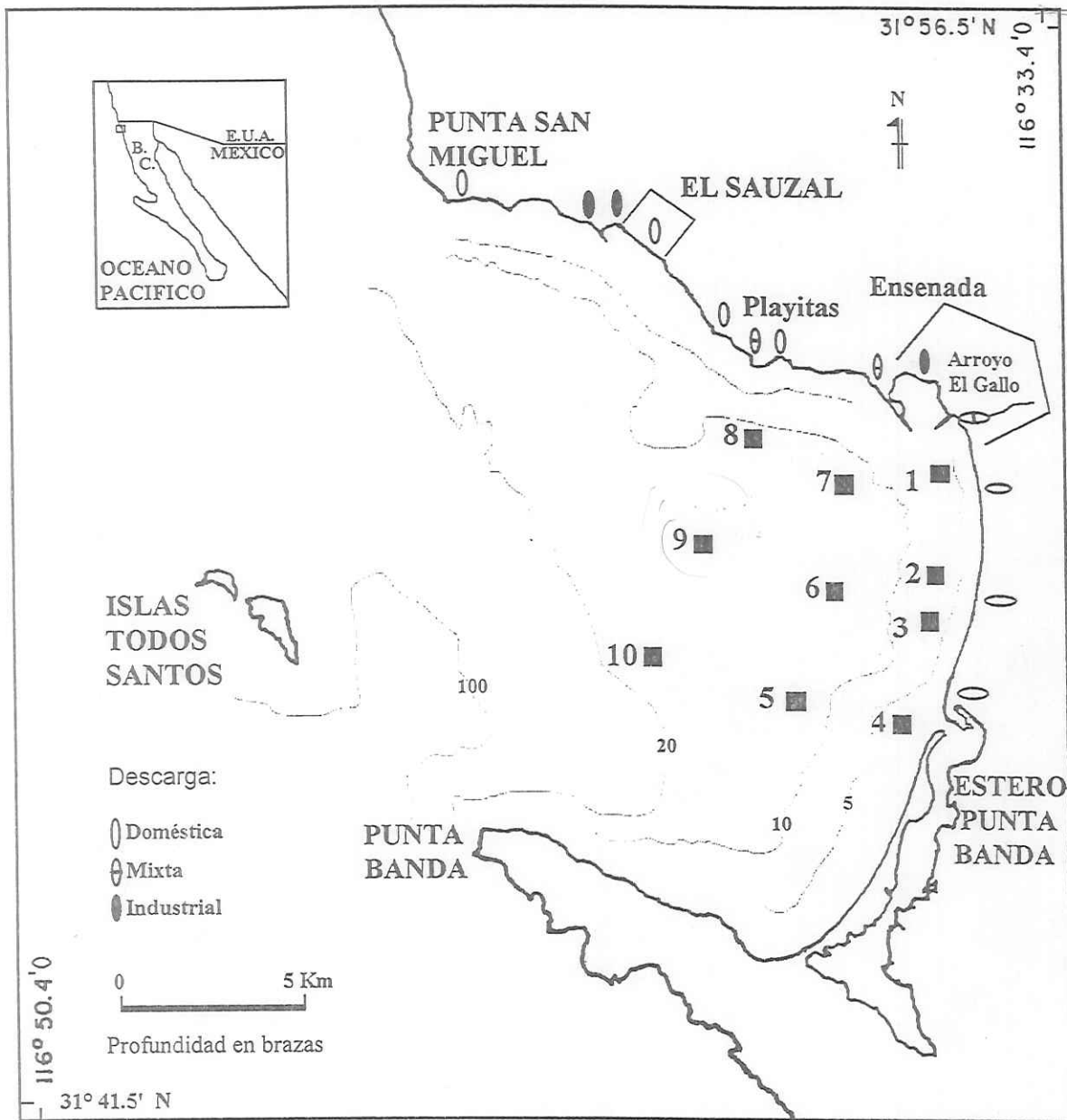


Figura 1. Bahía de Todos Santos, B.C. Ubicación de las estaciones de muestreo y localización geográfica de las descargas de aguas residuales.

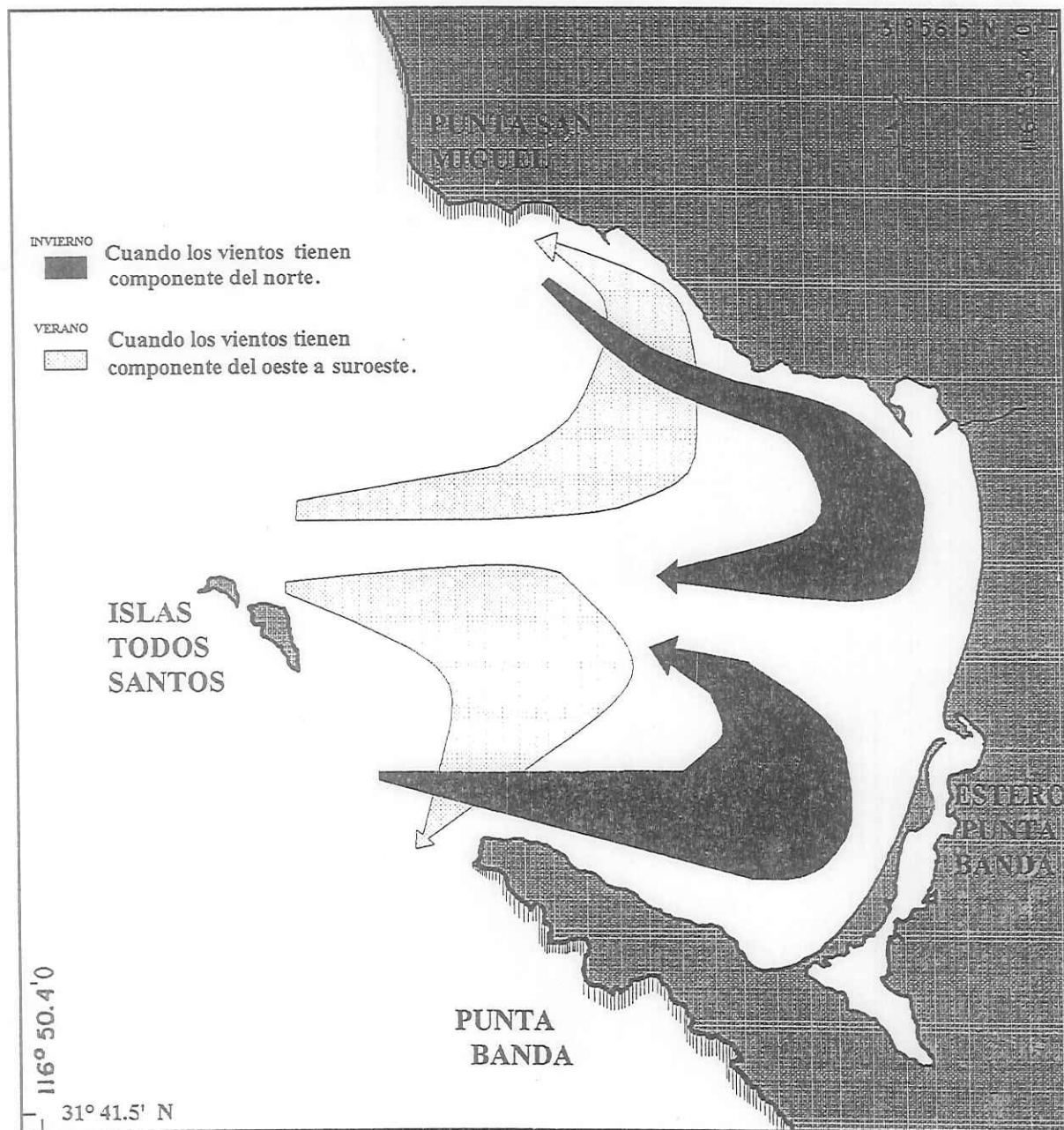


Figura 2. Patrón general de circulación superficial del agua de la Bahía de Todos Santos (Argote-Espinoza *et. al.*, 1975).

los aportes de materia orgánica (DBO, DQO, STV) se incrementan, coincidiendo con la temporada de máxima actividad pesquera de la región (Peña-Manjarrez, 1987).

Ensenada, B.C. cuenta con una planta de tratamiento primario de aguas negras la cual descarga directamente al arroyo El Gallo, cuya operación está a cargo de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada (CESPE). Esta planta tiene una capacidad instalada para 80,000 habitantes y una eficiencia promedio de 27.6% (Peña-Manjarrez, 1987) estos aportes se presentan a lo largo del año con tendencia a aumentar en volumen a causa del crecimiento urbano de la ciudad. Una vez tratada, el agua residual es desalojada hacia el arroyo El Gallo a razón de 300 l s^{-1} en invierno y 400 l s^{-1} en verano (Ramírez-Mendoza, 1994), con un intervalo entre los $2.32\text{-}2.54 \times 10^7 \text{ l d}^{-1}$ (Muñoz-Arriola, 1994). Este arroyo es una combinación de dos clases de efluentes; uno proveniente de CESPE y otro de las Industrias Pesqueras.

2.2 METODOLOGÍA.

Se seleccionaron 10 estaciones de muestreo distribuidas horizontalmente respecto a la descarga de aguas residuales, y una estación en la desembocadura del arroyo "El Gallo". Los muestreos se realizaron una vez al mes desde julio de 1991 a enero de 1992 en la embarcación Mininos de la estación oceanográfica de la secretaría de Marina.

2.2.1 Muestreo de Campo.

Las muestras del agua de mar superficial fueron tomadas utilizando una botella Niskin de 5 L de capacidad, a partir de la cual se colectaron las submuestras para los análisis correspondientes.

Se utilizó un termómetro de cubeta con una precisión de $\pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$ para medir la temperatura del agua. Para la salinidad se colectaron 250 mL de agua de mar superficial en botellas de borosilicato. Se fijaron 250 mL de agua de mar con solución A y B congelándose para su posterior análisis de oxígeno disuelto. El análisis de fosfatos y silicatos requirió se congelaran 125 mL de agua de mar en botellas de polietileno. A partir de la misma muestra de agua se filtró 1L utilizando filtros de membrana de $0.45 \text{ }\mu\text{m}$, para el análisis de clorofila, posteriormente los filtros se almacenaron en un congelador a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$.

En el caso del análisis de fitoplancton se almacenaron 250 mL de agua en recipientes oscuros de polietileno, adicionando 5 mL de formol al 20% (neutralizado con borato de sodio) para obtener una concentración final del 4% (UNESCO, 1978).

Se tomaron 250 mL de agua de mar para bacterias coliformes, en botellas de borosilicato previamente esterilizadas y se transportaron en frío al laboratorio. La profundidad de penetración de la luz en el agua, se registró mediante el disco de Secchi (30 cm de diámetro).

2.2.2. Análisis de laboratorio.

En la medición de la salinidad se utilizó un salinómetro conductímetro marca Beckman modelo 118WA200. Las concentraciones de oxígeno, fosfatos, silicatos y clorofila "a" se determinaron mediante los métodos descritos por Strickland y Parsons (1972), utilizando un espectrofotómetro Spectronic 1001 marca Bausch & Lomb.

Para determinar la abundancia del fitoplancton se empleó un microscopio invertido marca Karl Zeiss de acuerdo a Utermöhl (1958). La técnica consistió en concentrar los organismos en el fondo de una cámara de sedimentación adicionando tres gotas del colorante Rosa de Bengala al 0.5 % para teñir la materia orgánica (Zeitzschel, 1978), para esto se utilizaron cámaras de 50 mL donde se vertió agua de la submuestra de 250 mL, permitiendo la sedimentación durante 24 horas. Posteriormente se examinó al microscopio la base de la cámara en las ampliaciones 16x y 40x (Lund *et al.*, 1958) hasta cubrir un total de 50 campos. Se utilizó éste número de campos en base a los antecedentes en la región muestreada (Millán-Núñez y Millán-Núñez, 1987; Millán-Núñez y Gaxiola-Castro, 1989; Millán-Núñez y Loya-Salinas, 1993).

Se identificaron a los organismos hasta nivel de género utilizando las claves de Steidinger y Davis (1967), Yamaji (1977), Gerville (1986), Cupp (1943). Se clasificó el fitoplancton por grandes grupos taxonómicos: diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados, así mismo se cuantificaron los nanoflagelados (organismos no identificados menores de 20 μm).

Las muestras para el análisis de coliformes se sembraron en tubos de fermentación con replicas de 5 tubos y 5 diluciones, utilizando como medio presuntivo caldo lactosado e incubándose durante 48 hr a 37 °C. La confirmación se realizó con caldo EC (medio de cultivo específico para *E. coli*), la incubación se realizó en baño maría a 44.5 °C por 24 horas (APHA, 1981).

2.2.3 Análisis de Datos

2.2.3.1 Fitoplancton

A partir de los conteos del fitoplancton, se calculó la abundancia de células de la siguiente forma:

$$N = \frac{(NC * NOC * 1000)}{(V * NCC)}$$

donde; N= Número de células por litro
 NC= Número de campos
 NOC= Número de células contadas
 V= Volumen de la muestra sedimentado (50mL)
 NCC= Número de campos contados

El número de campos totales en cada amplificación (Tabla I) se calculó dividiendo el área de la cámara de sedimentación entre el área del campo. El área de la cámara se determinó midiendo su diámetro con un vernier, mientras que el área del campo se calculó midiendo su diámetro con la reglilla referida a un micrómetro American Optical (Nájera-Martínez, 1992).

Tabla I. Análisis de fitoplancton (número de campos totales).

Amplificación	NC	Equivalencia de cada división de la reglilla
16 x	343.77	6.9 µm
40 x	2527.03	2.6 µm

Posteriormente se calcularon las abundancias relativas de cada taxa fitoplanctónico y para los géneros mas abundantes de diatomeas y dinoflagelados. Se ordenaron los géneros de mayor a menor abundancia relativa en el tiempo y espacio de acuerdo a la ecuación B_i de amplitud de nicho de Levins (1968), donde los taxa con el nicho más amplio tienen una alta abundancia relativa en la comunidad y son también los más dominantes.

$$B_i = \exp \left[- \sum_{j=1}^k (P_{ij} / R_j) \ln (P_{ij} / R_j) \right]$$

donde; $R_j = \sum_{i=1}^k P_{ij}$
 P_{ij} = la proporción del género i en la muestra j
 R_j = la suma de sus proporciones en cada punto o tiempo de muestreo.
 k = número de estaciones de muestreo, o el tiempo de muestreo.

2.2.3.2 Variación espacial

Con el objeto de detectar la variabilidad entre las estaciones de muestreo, se calculó el promedio de los siete meses de muestreo para cada variable. A partir de estos datos se obtuvo una matriz de correlación con todas las variables implicadas, utilizando el coeficiente de correlación (r) de Pearson, con un nivel de significancia (α) de 0.05.

2.2.3.3 Variación temporal

Con la finalidad de interpretar el comportamiento de las variables en cada mes, se utilizó un Análisis por Componentes Principales (ACP) (Hotelling, 1986) analizando todas las variables del estudio, principalmente aquellas que fueron significativas a partir del análisis de correlación. Previo al ACP se aplicó la prueba de esfericidad de Bartlett (1978) para verificar que los datos se ajustaran a una elipse ($n < 20$). El análisis se hizo con la transformación Z de los datos originales y así evitar alteraciones debido a la diferencia de escalas y unidades (Morrison, 1978). Posteriormente se calcularon los eigenvalores y eigenvectores considerando los componentes que en conjunto explicaran más del 90% de la variabilidad original total (Green, 1978). Después se seleccionaron las variables que tuvieron la mayor contribución relativa en cada componente y se construyó una tabla donde se indica la forma en que se relacionan las variables en cada mes. Todos los ACP se realizaron con el paquete estadístico "Statgraphics", ver. 5.0.

3. RESULTADOS.

3.1 Variación temporal.

Los resultados de temperatura indican máximos en septiembre y mínimos en diciembre (21 y 15.1 °C respectivamente). Durante julio, agosto y septiembre la variación fue < 1 °C. En agosto se detectó la mayor temperatura (21.3 °C) (Fig. 3a).

El intervalo de salinidad fue de 33.061-33.738 psu. Se presentaron mínimos en octubre y máximos en julio (Fig. 3b) en las estaciones 1 y 7, las cuales presentaron mayor variación de septiembre a diciembre, mientras que el resto se comportaron con poca variabilidad.

Se registraron valores de 2.5 mg L⁻¹ de oxígeno disuelto durante diciembre en las estaciones 5, 6 y 9. El valor mas bajo se registro en la estación 1 durante enero (2.38 mg L⁻¹) (Fig. 3c), el promedio fue de 5.1 mg L⁻¹.

Con respecto a fosfatos, su concentración se mantuvo por debajo de 1 µM (Fig. 3d). Las estaciones 1 y 7 presentaron alta concentración en octubre y noviembre (2.5 - 2.3 µM respectivamente). El valor máximo (9.76 µM) se presentó durante diciembre en la estación 1.

Por lo referente a silicatos, el máximo ocurrió en julio en la estación 1 y el mínimo en octubre (26.74 - 0.1 µM respectivamente) (Fig. 4a). Las estaciones 5 y 6 presentaron concentraciones mayores de 10 µM durante agosto y septiembre.

La concentración promedio de clorofila "a" disminuyó de julio a enero de 3.68 a 0.2 mg/m³, identificándose un ligero incremento (1.8 mg m⁻³) en noviembre (Fig. 4b). La máxima concentración (19.8 mg m⁻³) se detecto en julio en la estación 1, mientras que en agosto que el máximo se presentó en la estación 2 (13.7 mg m⁻³). En general todas las estaciones disminuyeron en el tiempo hasta enero cuando el intervalo de variación fue mínimo 0 a 0.5 mg m⁻³.

Los silicoflagelados fueron el grupo que se presento únicamente en tres ocasiones durante todo el período de muestreo, por lo cual no se incluyen como grupo significativo.

La muestras de fitoplancton total señalan que a partir de septiembre, la estación 10 presentó un comportamiento inverso al resto de las estaciones contrastando principalmente con el comportamiento de la estación 1 (Fig. 4c). Las máximas abundancias de fitoplancton total se detectaron en los meses de septiembre, octubre y noviembre.

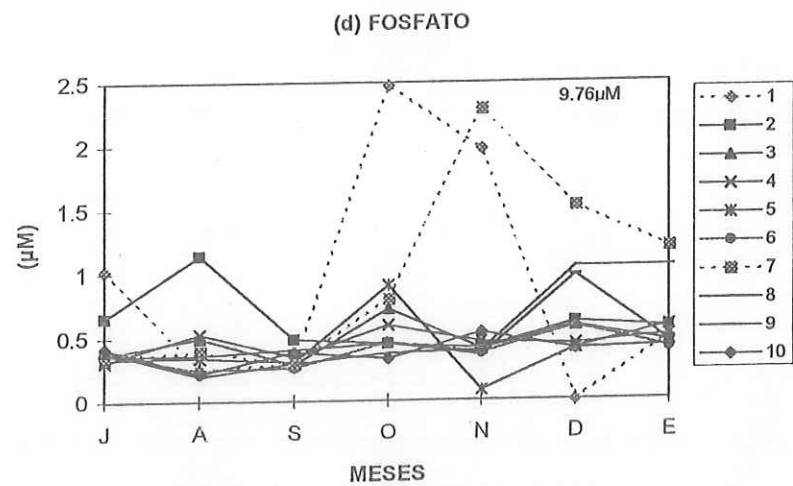
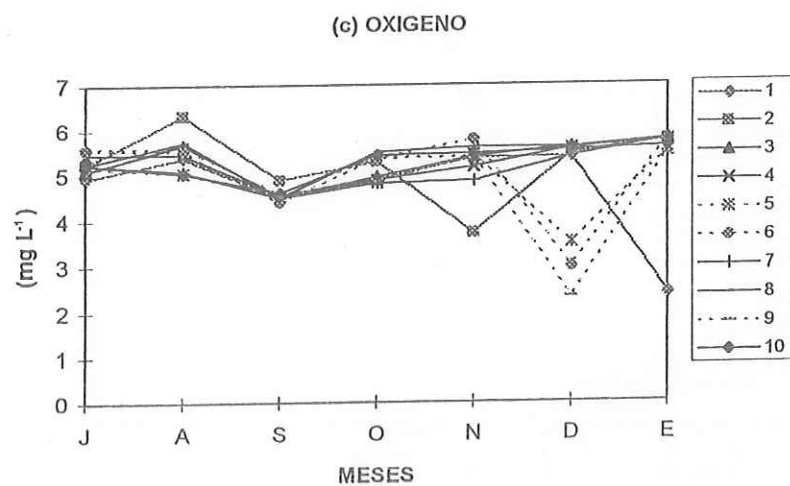
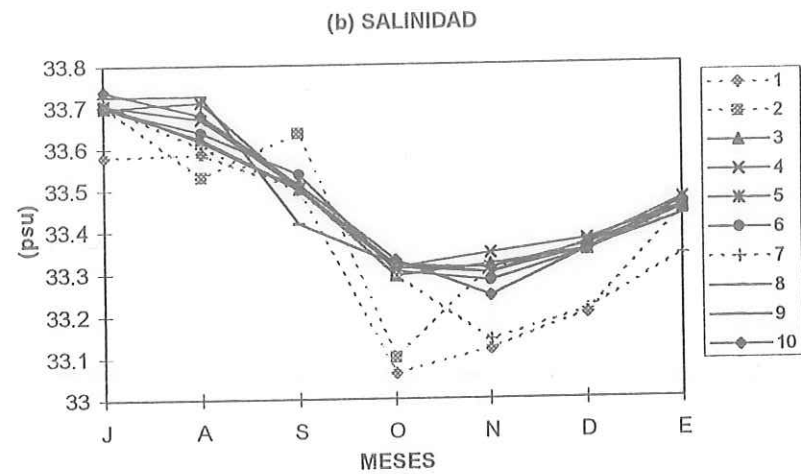
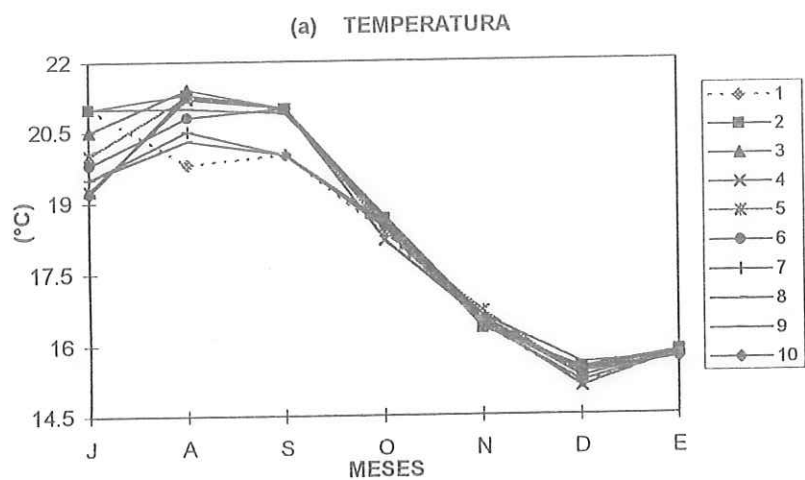


Fig. 3 Variabilidad temporal por estaciones de: (a) temperatura, (b) salinidad, (c) oxígeno y (d) fósforo. En la gráfica de fosfatos no se presenta en valor de 9.76 μM en la estación de diciembre.

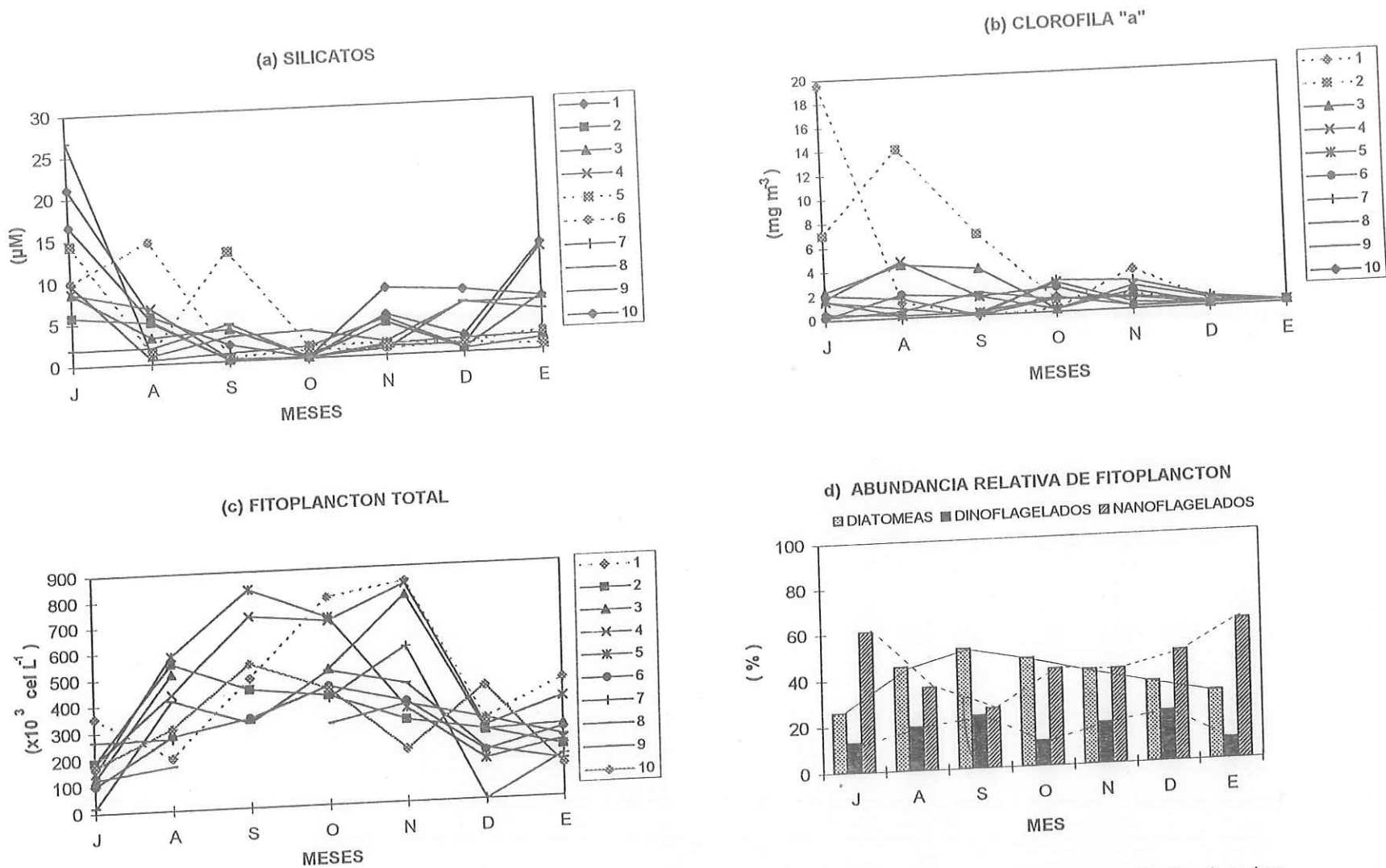


Fig. 4 Variabilidad temporal por estaciones de: (a) silicatos, (b) clorofila "a", (c) abundancia total de fitoplancton, y (d) Abundancia relativa de fitoplancton por grupos taxonómicos.

Los mínimos de diatomeas (26% en julio y enero) coinciden con los máximos de nanoflagelados (61% en julio y enero), mientras que la mayor abundancia relativa de diatomeas coincidió con la menor de nanoflagelados en septiembre (52% y 23% respectivamente) (Fig. 4d). La abundancia relativa de dinoflagelados fue mas baja que la de los otros grupos y contraria a la de nanoflagelados.

Durante octubre se registro la máxima abundancia de diatomeas ($726 \times 10^3 \text{ cel L}^{-1}$) en la estación 1 (Fig. 5a). Las estaciones 3, 4 y 5 presentaron alta abundancia desde agosto hasta noviembre.

En general la abundancia de dinoflagelados fue menor que la de diatomeas, especialmente en julio y enero se registraron bajas abundancias ($<100 \times 10^3 \text{ cel L}^{-1}$) (Fig. 5b). En la estación 10, la abundancia de fitoplancton presentó un comportamiento inverso a la estación 1.

El grupo de los nanoflagelados tuvo alta abundancia en noviembre y enero en las estaciones 3 y 4 (623 y $612 \times 10^3 \text{ cel L}^{-1}$ respectivamente) (Fig. 5c). Las estaciones 7 y 10 presentaron un comportamiento inverso a partir de octubre.

Se obtuvieron registros de coliformes fecales de julio, septiembre, noviembre y enero en todas las estaciones excepto la estación 3. El máximo de CF ocurrió en noviembre en las estaciones 1 y 7 (Fig. 6a). El intervalo fue $< 200 \text{ NMP CF/100 ml}$.

Desde octubre hasta enero, las estaciones 1 y 7 presentaron una penetración de la luz de 2 m, contrastando con la penetración de 14.5 m en noviembre de las estaciones 9 y 10. En general septiembre presento menores profundidades (2-5 m) (Fig. 6b).

La introducción de fosfatos a la bahía a través del arroyo "El Gallo" fue mas elevado en julio y octubre (158 y $102 \mu\text{M}$ respectivamente), en tanto que el aporte de silicatos fue hasta seis veces mayor que el de fosfatos con mayor concentración en agosto ($398 \mu\text{M}$) (Fig. 6c).

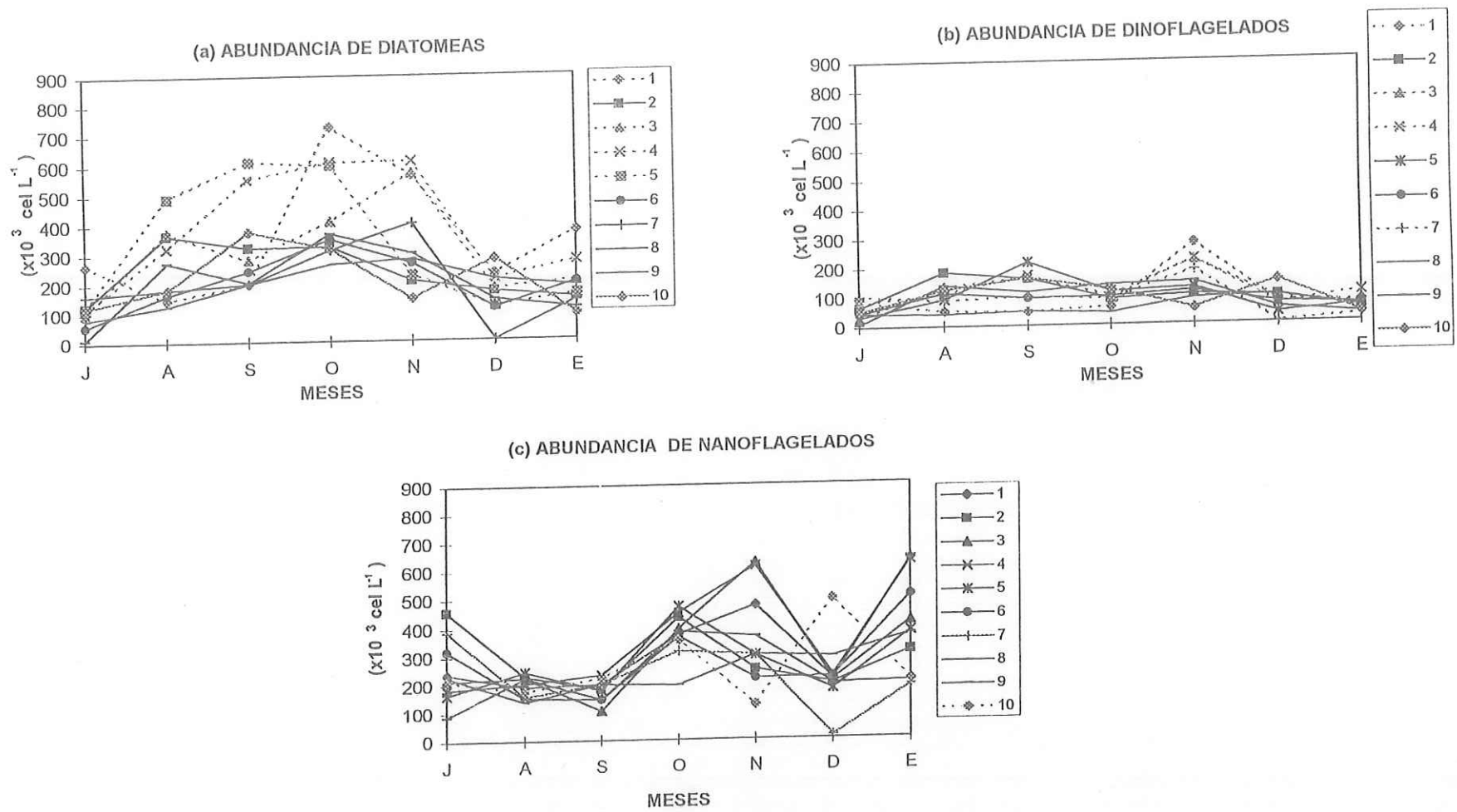


Fig. 5 Variabilidad temporal por estaciones de: (a) abundancia de diatomeas, (b) abundncia de dinoflagelados, y (c) abundancia de nanoflagelados.

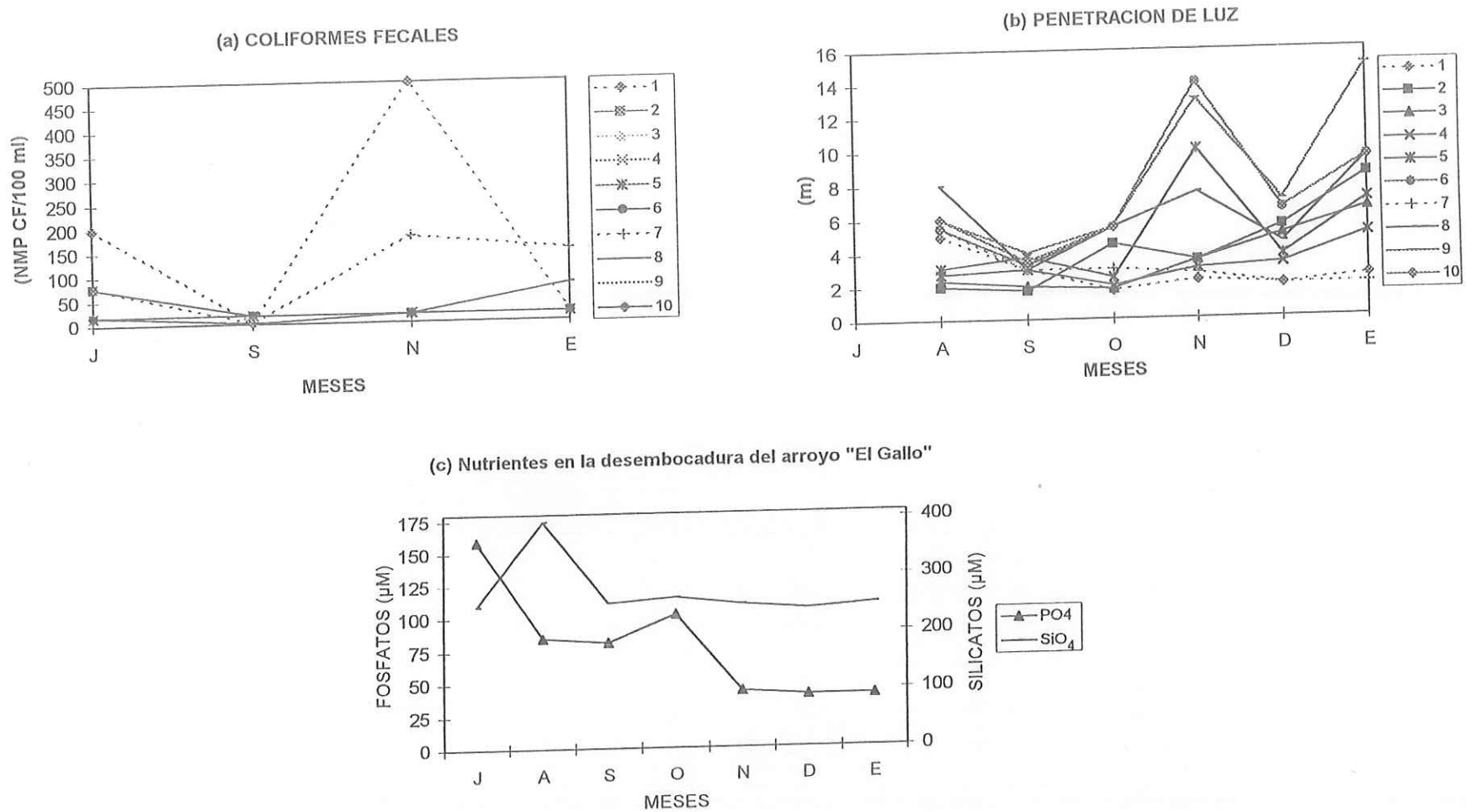


Fig. 6 Variabilidad temporal por estaciones de: (a) penetración de luz, (b) coliformes fecales y (c) aportes de nutrientes (fosfatos y silicatos) por el Arroyo "El Gallo" (notar la diferencia de escala).

3.2 Distribución espacial.

Se seleccionaron únicamente aquellas isoclinas que de forma general representan la distribución espacial de las variables.

En cuanto a temperatura se detectó un gradiente con respecto a la línea de costa con mayores valores cerca de la descarga, para esta variable destaca la formación de un frente (Fig. 7a) entre la zona norte y sur durante julio, diciembre y enero. En agosto, octubre y noviembre el gradiente fue inverso (Fig. 7b). Durante septiembre, se distribuyó con variación $<0.1^{\circ}\text{C}$ en toda la zona de muestreo. La temperatura en todos los casos se mantuvo constante en $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Se detectó menor concentración de oxígeno cerca de la descarga en julio, octubre, noviembre y enero (Fig. 7c), mientras que durante agosto, septiembre y diciembre el patrón fue opuesto (Fig. 7d).

La salinidad fue menor cerca de la descarga del arroyo "El Gallo" (Fig. 8a) aumentando gradualmente en estaciones lejanas a la costa, el mismo patrón se mantuvo durante el periodo de estudio.

Con respecto a fosfatos, se encontró una distribución con mayor concentración en la zona cercana a la descarga de aguas residuales, con valores más altos en las estaciones 1 y 7 disminuyendo hacia la zona sur y en dirección paralela a la costa (Fig. 8b).

Los datos de silicatos indican mayores concentraciones en la zona central del área de muestreo durante agosto, septiembre, diciembre y enero (Fig. 8c), comportamiento inverso en julio y noviembre (Fig. 8d).

La concentración de clorofila "a" fue mayor cerca del efluente durante todo el periodo de muestreo (Fig. 9a).

En las muestras de fitoplancton total se detectaron abundancias más altas cerca de la zona costera, con un máximo ($842 \times 10^3 \text{ cel L}^{-1}$) en noviembre (Fig. 9b).

Al igual que el fitoplancton total, la distribución de diatomeas fue mayor cerca de la descarga, detectándose también un incremento en la zona sur-este (Fig. 9c).

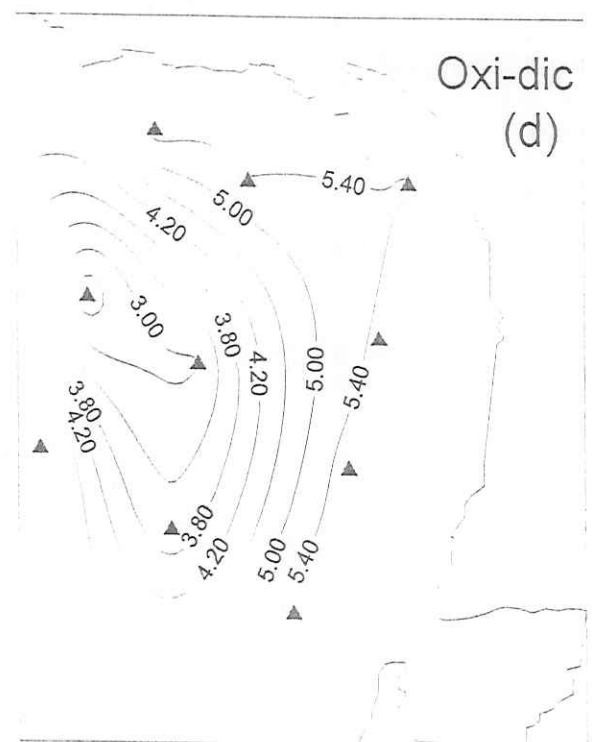
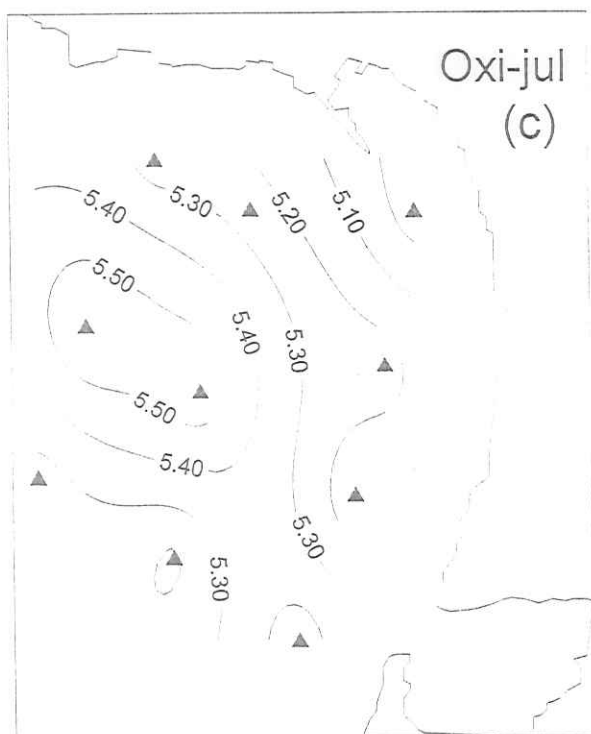
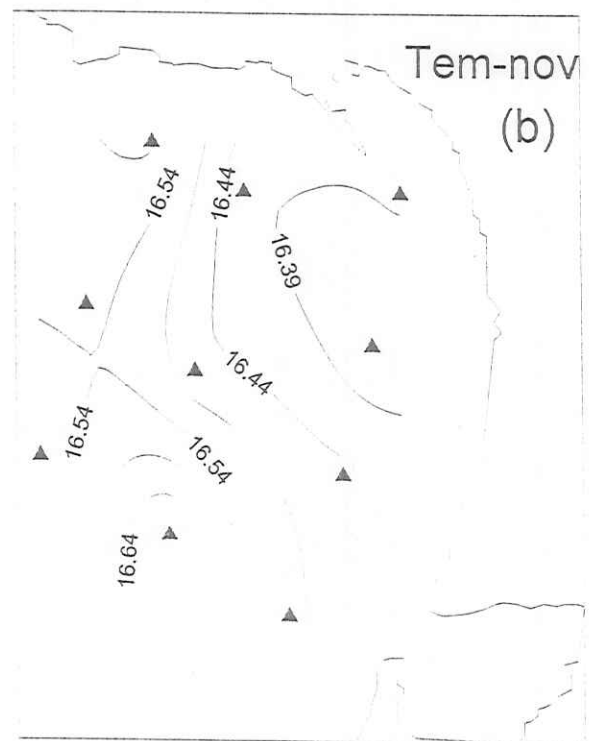
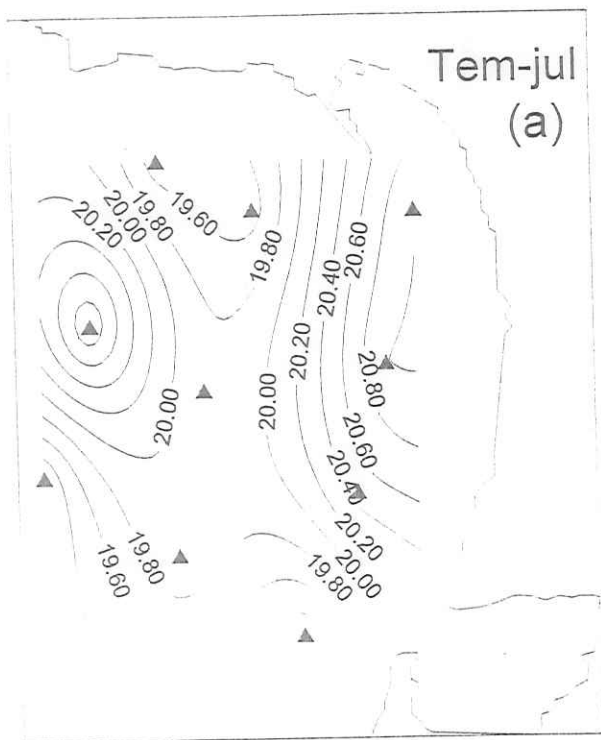


Fig. 7 Distribución espacial superficial de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en julio, (b) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en noviembre, (c) oxígeno (mg L^{-1}) en julio y (d) oxígeno (mg L^{-1}) en diciembre.

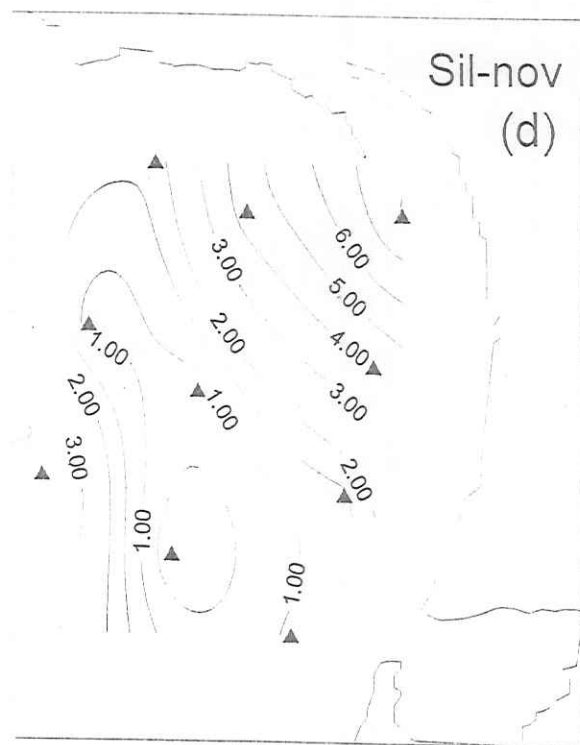
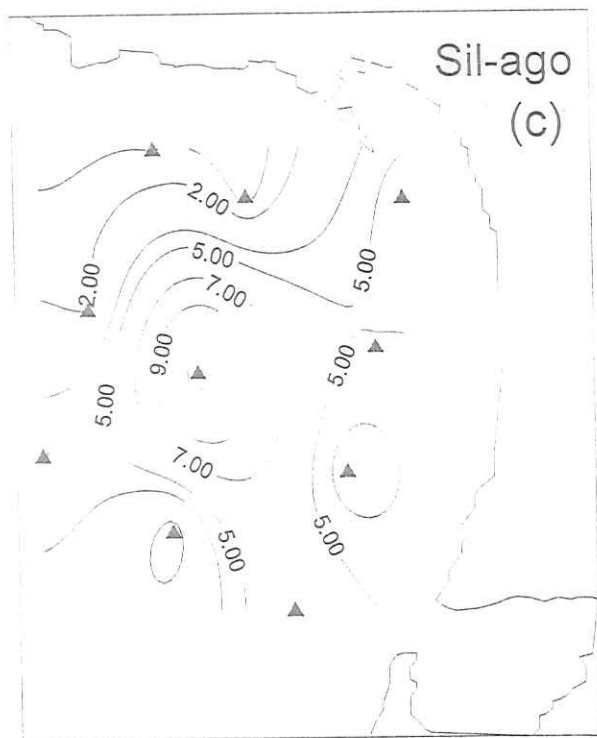
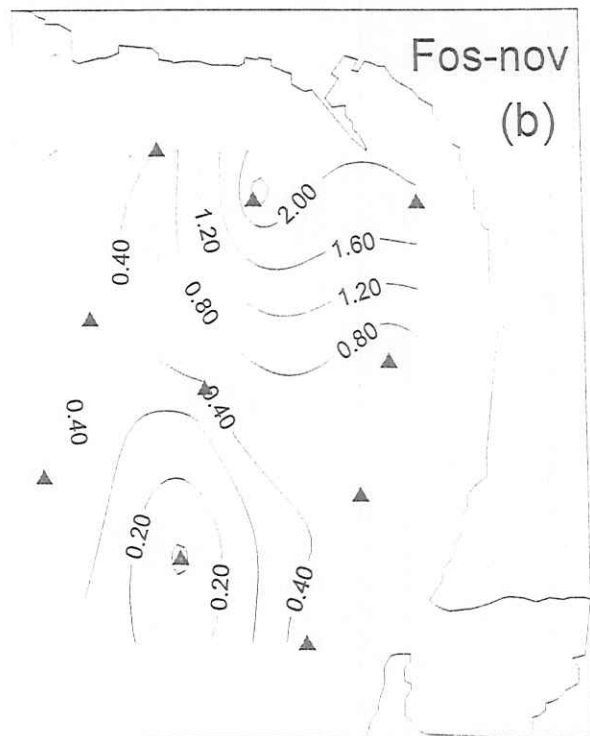
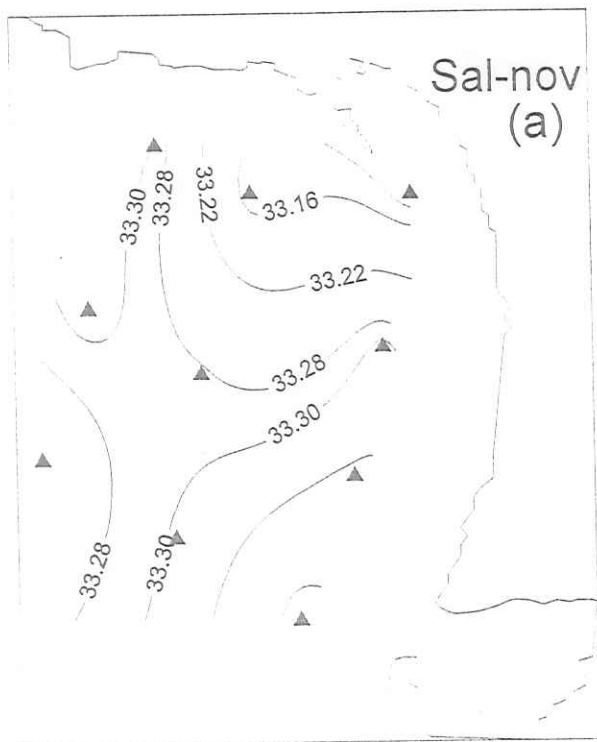


Fig. 8 Distribución espacial superficial de: (a) salinidad (psu) en noviembre, (b) fosfatos (μM) en noviembre (c) silicatos (μM) en agosto y (d) silicatos (μM) en noviembre.

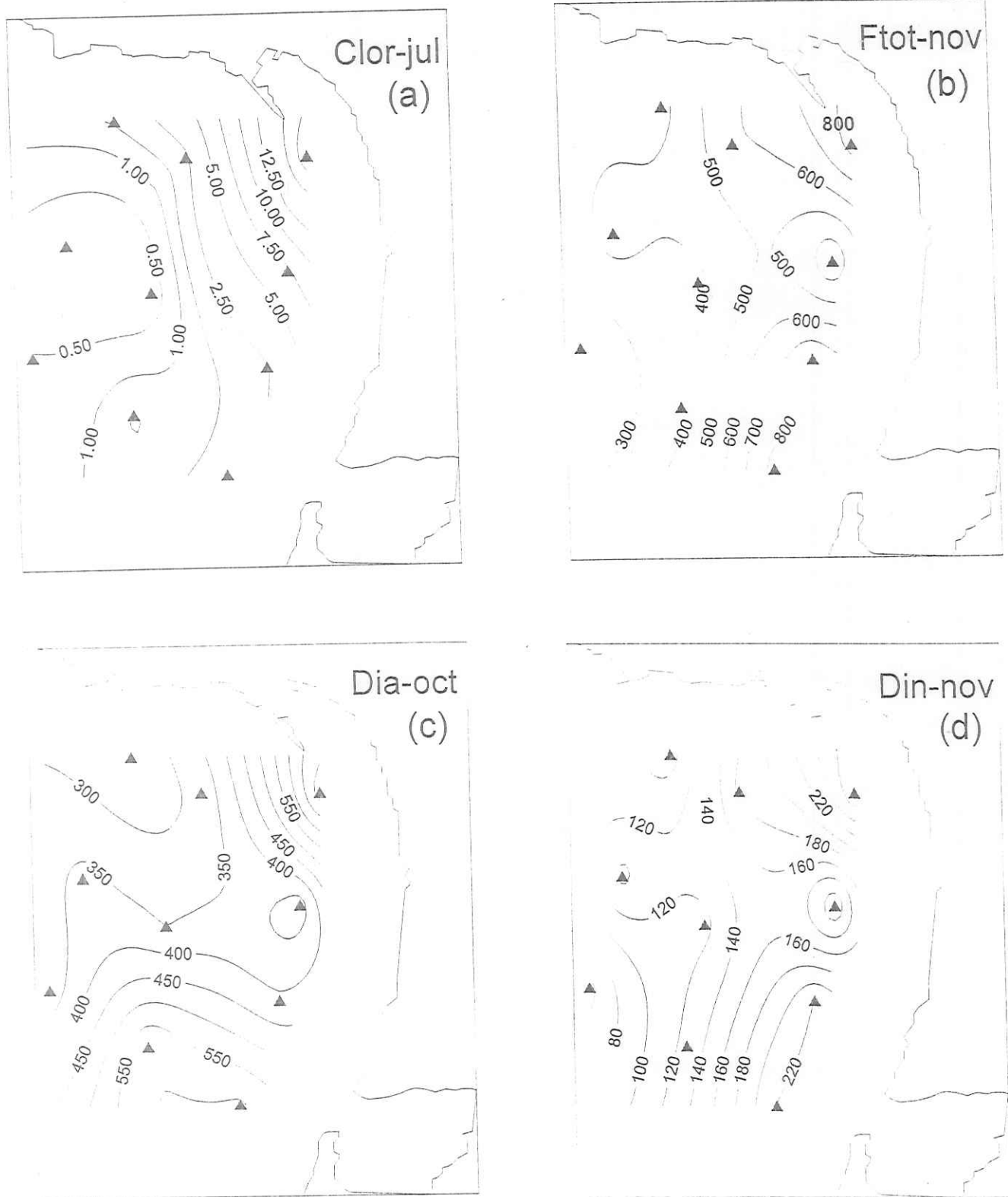


Fig. 9 Distribución espacial superficial de: (a) clorofila "a" (mgm³) en julio (b) abundancia de fitoplancton total (x10³ cel L⁻¹) en noviembre, (c) abundancia de diatomeas (x10³ cel L⁻¹) en octubre y (d) abundancia de dinoflagelados (x10³ cel L⁻¹) en noviembre.

Los análisis de dinoflagelados presentan alta abundancia tanto en la zona de costera, como en el sur-este. La mayor abundancia (279×10^3 cel L^{-1}) para este grupo se presentó en noviembre (Fig. 9d). Octubre fue el caso inverso, con menor cantidad en las estaciones costeras. Los nanoflagelados no presentaron ningún patrón espacial específico por lo que no presenta su gráfica.

La incidencia de bacterias coliformes siempre fue mayor en la zona de la disposición de aguas negras, detectándose mayor cantidad en noviembre (500 NMP CF 100/ml) (Fig. 10a)

Durante todo el periodo de muestreo, la penetración de la luz en el agua fue menor en la zona de menor profundidad. En octubre hubo un fuerte gradiente de 3 m en la costa hasta 13 m en el interior de la Bahía (Fig. 10b).

El flujo de las aguas residuales provenientes de la planta de tratamiento de la CESPE se mantuvo entre 2.3 y 2.6×10^7 $L \text{ día}^{-1}$ en el período de julio a diciembre de 1991, con un mínimo en septiembre y máximo en noviembre (Fig. 11).

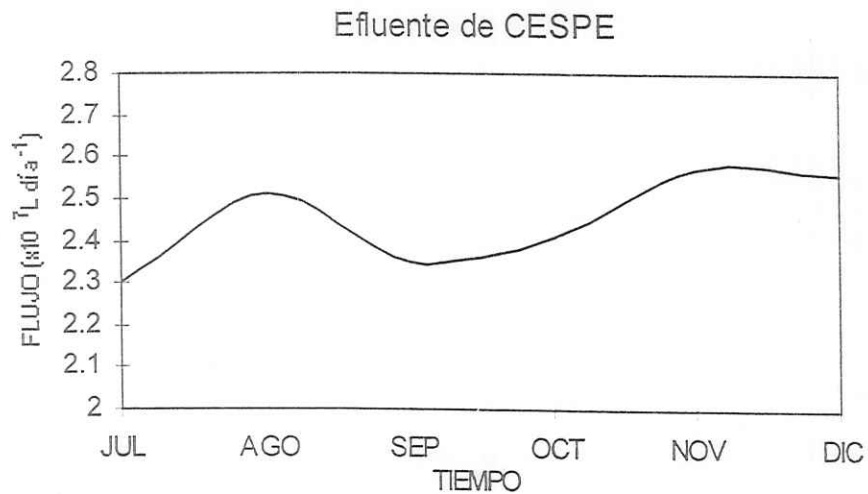


Fig. 11 Flujo de aguas residuales del efluente de la planta de tratamiento de CESPE. Período de julio'91 a diciembre'91. (Tomado de Muñoz-Arriola, 1994).

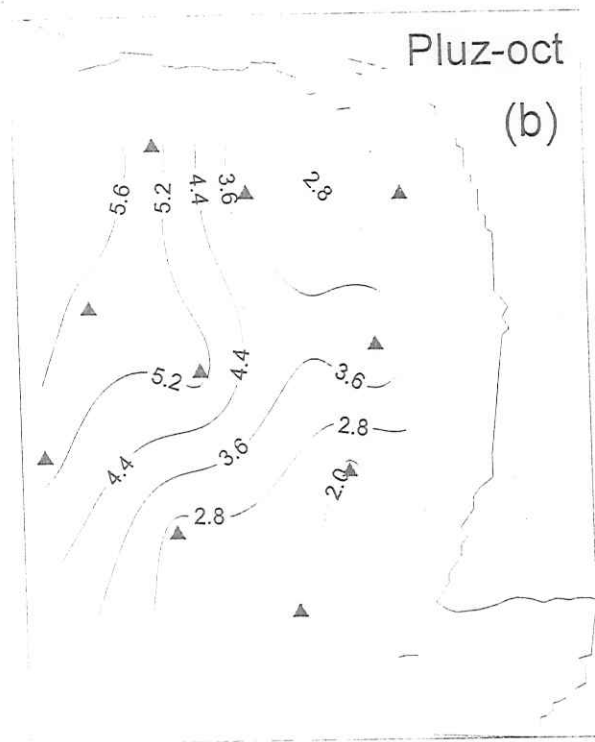
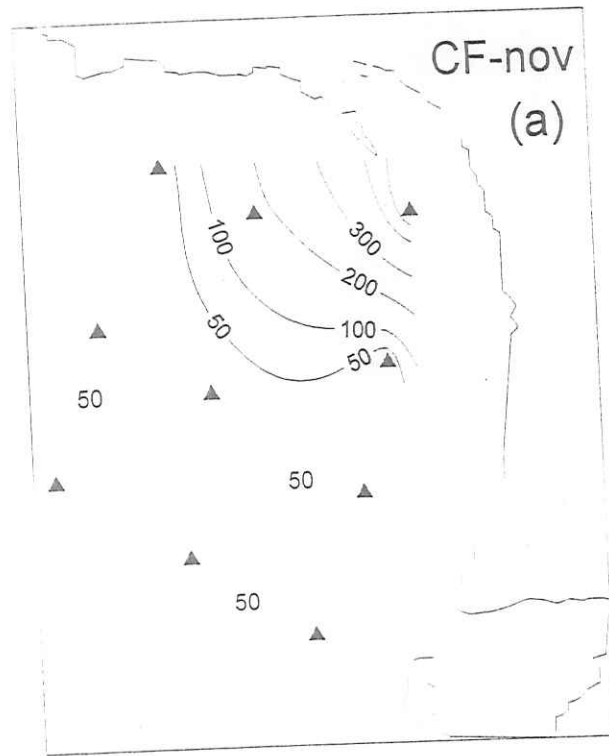


Fig. 10 Distribución espacial superficial de: (a) coliformes fecales (NMP/100ml) en noviembre y (b) penetración de la luz (m) en octubre.

3.3 Análisis de la comunidad del fitoplancton.

Se identificaron un total de 39 géneros del fitoplancton: 24 de diatomeas, 13 de dinoflagelados y 2 de silicoflagelados durante el período de muestreo (Tabla II). En la misma tabla se presenta la presencia y ausencia de los grupos identificados.

La ecuación de Levins fue utilizada para ordenar los microorganismos en cuanto a su abundancia relativa en el tiempo y espacio, presentándose el mismo orden de géneros en ambos casos (Tabla III a y b). Este índice arroja valores de proporción relativa de los géneros, ordenados de mayor a menor abundancia relativa y por lo tanto de mayor a menor dominancia. Las diatomeas con mayor abundancia relativa y por lo tanto más dominantes fueron; *Coscinodiscus* spp., *Skeletonema* sp. y *Nitzschia* sp., así como los dinoflagelados; *Prorocentrum* sp., *Gymnodinium* spp. y *Peridinium* sp.. Estos seis géneros acapararon > 90% de la abundancia del fitoplancton total, los casos que se señalan con un símbolo “ - ” se pueden considerar como raros.

Temporalmente *Coscinodiscus* spp. y *Skeletonema* sp. presentaron la menor amplitud de nicho en la estación 1 (Tabla III a) y en el mes de octubre (Tabla III b), mientras que *Nitzschia* sp. presentó la mayor amplitud en julio en las estaciones 2 y 7 (Tabla III a). Los dinoflagelados *Prorocentrum* sp. y *Gymnodinium* sp. presentaron mayor amplitud durante julio (Tabla III b) en las estaciones 2 y 3 (Tabla III a), mientras que *Peridinium* sp. tuvo la mayor amplitud de nicho en noviembre (Tabla III b) en la estación 2 (Tabla III a).

En la Tabla III a se debe observar que los valores en cada estación fueron resultado del análisis de los siete meses muestreados, por ejemplo, el dato de 0.98 en la estación 1 para *Coscinodiscus*, representa su variabilidad durante julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre, y enero, así sucesivamente para cada género. La Tabla III b es la amplitud de nicho espacial ya que los resultados de cada mes fueron la combinación de todas las estaciones, por ejemplo, el valor de 3.33 en julio para *Coscinodiscus* fue el resultado del análisis de las 10 estaciones durante julio únicamente y así sucesivamente. λ°

Analizando la abundancia del fitoplancton se detectó que el florecimiento de las diatomeas durante octubre estuvo caracterizado por *Skeletonema* sp. con mayor abundancia en la estación 1 y menor en la estación 10 (707 y 283×10^3 cel L⁻¹ respectivamente), mientras que el florecimiento de los dinoflagelados durante noviembre estuvo representado por *Gymnodinium* sp. con la mayor abundancia en la estación 1 y menor en la estación 10 (213 y 46×10^3 cel L⁻¹ respectivamente). En noviembre también hubo un florecimiento de *Skeletonema* con mayor abundancia en la estación 1 y menor en la 10 (509 a 115×10^3 cel L⁻¹) solo que este mes fue de menor abundancia que el de octubre. El resto de los meses y las estaciones fueron muy variables.

Tabla. II Presencia (+) y ausencia (-) del fitoplanctón durante 1991 en Bahía de Todos Santos.

Géneros	ESTACIONES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DIATOMEAS										
<i>Coscinodiscus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sirefionema</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Nitzschia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassiothrix</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Triceratium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lauderia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Leptocylindrus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Coconeis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diploneis</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+
<i>Eucampia</i>	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Mastogloia</i>	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-
<i>Navicula</i>	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurosigma</i>	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-
<i>Gyrosigma</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia</i>	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+
<i>Amphora</i>	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Bacteriastrum</i>	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-
<i>Chaetoceros</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Thalassionema</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>Bidulphia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinoptychus</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Asteromphalus</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Gramatophora</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Licmophora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
DINOFLAGELADOS										
<i>Prorocentrum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnodinium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Peridinium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Oxitoxum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Thorodinium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dinophysys</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gonyaulax</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Podolampas</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phalacroma</i>	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-
<i>Cystodinium</i>	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+
<i>Exuviaella</i>	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
<i>Amphidinium</i>	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-
SILICOFLAGELADOS										
<i>Distephanus</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Dictyocha</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-

Tabla. III Amplitud del nicho fitoplanctónico (Bi) a nivel de género, durante el período de muestreo (a) temporal; (b) espacial
 Los valores resaltados representan máximos y mínimos, los géneros sombreados son las de mayor amplitud.

a)	ESTACIONES										Bi
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
DIATOMEAS											
<i>Coscinodiscus</i>	0.98	2.11	1.73	1.31	1.46	2.04	1.52	1.54	1.90	1.99	11.15
<i>Skeletonema</i>	0.64	1.48	1.11	0.71	0.71	1.24	0.84	0.92	1.14	1.08	6.73
<i>Nitzschia</i>	0.26	0.75	0.20	0.21	0.15	0.03	0.45	0.23	0.04	0.15	2.05
<i>Thalassiothrix</i>	0.03	0.08	0.08	0.09	0.08	0.10	0.29	0.01	0.23	0.10	0.75
<i>Triceratium</i>	0.05	0.04	0.08	0.06	0.06	0.07	0.38	0.03	0.04	0.06	0.74
<i>Lauderia</i>	0.05	0.13	0.03	0.02	0.03	0.05	0.01	0.02	0.02	0.06	0.32
<i>Leptocylindrus</i>	0.02	0.08	0.04	0.04	0.05	0.07	0.01	0.02	0.05	0.06	0.31
<i>Coconeis</i>	0.01	0.07	0.05	0.03	0.03	0.06	0.00	0.01	0.05	0.05	0.25
<i>Diploneis</i>	-	0.01	0.07	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	-	0.16
<i>Eucampia</i>	-	0.04	0.00	0.00	-	-	0.01	0.02	-	-	0.05
<i>Mastogloia</i>	0.01	-	0.01	0.001	-	-	0.03	0.06	-	-	0.05
<i>Navicula</i>	0.01	-	0.01	0.001	-	-	-	-	-	-	0.02
<i>Pleurosigma</i>	0.01	-	-	0.001	-	-	0.01	-	-	-	0.02
<i>Gyrosigma</i>	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
<i>Rhizosolenia</i>	-	-	-	0.001	-	-	0.01	-	-	-	0.01
<i>Amphora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
<i>Bacteriastrium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
<i>Chaetoceros</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	0.01
<i>Thalassionema</i>	-	-	-	0.001	-	-	-	-	0.04	-	0.04
<i>Bidulphia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinoptychus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asteromphalus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gramatophora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Licmophora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DINOFLAGELADOS											
<i>Prorocentrum</i>	1.09	1.64	1.38	1.01	0.97	1.12	1.14	0.00	0.66	0.71	8.36
<i>Gymnodinium</i>	1.10	1.47	1.27	1.10	0.86	1.02	0.82	0.28	1.04	0.65	7.63
<i>Peridinium</i>	0.71	1.00	0.76	0.79	0.80	0.74	1.04	0.02	0.79	0.78	5.85
<i>Ceratium</i>	0.45	0.46	0.50	0.28	0.32	0.56	0.38	0.00	0.53	0.32	2.96
<i>Oxitoxum</i>	0.41	0.42	0.35	0.24	0.21	0.30	0.43	0.86	0.11	0.13	2.38
<i>Thorodinium</i>	-	-	0.31	0.20	0.29	0.29	0.30	-	0.52	0.24	1.38
<i>Dinophysys</i>	0.22	0.20	0.18	0.10	0.04	0.22	0.24	0.00	0.14	0.11	1.20
<i>Gonyaulax</i>	0.04	0.06	0.06	0.05	0.07	0.02	0.36	1.02	0.08	0.06	0.66
<i>Podolampas</i>	0.04	0.10	0.03	0.15	0.15	0.05	0.04	1.15	0.04	0.02	0.55
<i>Phalacroma</i>	0.21	0.17	0.02	-	0.01	-	-	0.24	0.02	0.00	0.42
<i>Cystodinium</i>	0.08	0.11	0.07	-	-	-	0.03	0.20	-	0.04	0.29
<i>Exuviaella</i>	-	-	0.01	0.02	-	0.01	-	0.06	-	-	0.04
<i>Amphidinium</i>	0.01	-	-	-	0.01	-	-	0.40	0.01	-	0.02
SILICOFLAGELADOS											
<i>Distephanus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	-
<i>Dictyocha</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cont. Tabla III (amplitud del nicho fitoplanctónico). Los valores resaltados representan máximos y mínimos, los géneros sombreados son los de mayor amplitud.

b)	MESES							Bi
	J	A	S	O	N	D	E	
DIATOMEAS								
<i>Coscinodiscus</i>	3.33	3.09	1.74	1.53	2.57	2.25	2.18	16.69
<i>Skeletonema</i>	2.96	1.99	0.95	0.72	1.27	0.99	0.98	9.86
<i>Nitzschia</i>	1.34	0.55	0.17	0.52	0.16	0.15	0.17	3.06
<i>Thalassiothrix</i>	0.38	0.12	0.08	0.13	0.03	0.33	0.11	1.19
<i>Triceratium</i>	-	0.09	0.05	0.03	0.08	0.49	0.15	0.90
<i>Leptocylindrus</i>	0.03	0.17	0.04	-	0.02	0.10	0.07	0.44
<i>Lauderia</i>	0.04	0.07	0.01	0.25	0.03	-	0.02	0.42
<i>Coconeis</i>	0.00	0.12	0.21	0.02	-	-	0.01	0.36
<i>Diploneis</i>	0.08	0.02	0.08	-	-	-	-	0.19
<i>Mastogloia</i>	-	0.06	-	-	-	-	0.05	0.11
<i>Chaetoceros</i>	0.09	-	-	-	-	-	-	0.09
<i>Eucampia</i>	0.04	0.03	-	-	-	-	-	0.07
<i>Thalassionema</i>	0.03	-	-	-	-	-	-	0.03
<i>Rhizosolenia</i>	-	-	-	0.01	0.01	-	0.01	0.03
<i>Pleurosigma</i>	0.01	-	-	-	-	-	0.01	0.02
<i>Navicula</i>	-	-	-	-	-	0.01	0.01	0.02
<i>Gyrosigma</i>	-	-	-	-	-	-	0.01	0.01
<i>Bacteriastrum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinoptychus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asteromphalus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gramatophora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Licmophora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bidulphia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
DINOFLAGELADOS								
<i>Prorocentrum</i>	2.71	2.06	1.73	2.04	0.91	0.87	0.59	10.91
<i>Gymnodinium</i>	2.65	1.15	1.51	1.94	1.40	0.69	0.91	10.25
<i>Pendinium</i>	0.35	0.20	0.69	1.82	2.29	1.45	1.47	8.27
<i>Ceratium</i>	0.62	0.68	0.89	0.71	0.46	0.47	0.40	4.23
<i>Oxitoxum</i>	0.90	0.12	0.12	0.86	0.27	0.34	0.30	2.91
<i>Thorodinium</i>	1.15	0.36	0.23	0.29	0.19	0.38	0.20	2.80
<i>Dinophysys</i>	0.74	0.13	0.18	0.30	0.15	0.03	0.13	1.66
<i>Gonyaulax</i>	-	0.00	0.09	0.01	0.05	0.43	0.26	0.84
<i>Podolampas</i>	-	0.07	0.07	0.34	0.03	0.06	0.06	0.63
<i>Cystodinium</i>	-	0.11	0.01	0.18	-	0.01	0.02	0.33
<i>Phalacroma</i>	-	0.04	-	-	-	-	-	0.04
<i>Exuviaella</i>	-	0.03	0.01	0.00	-	-	-	0.04
<i>Amphidinium</i>	-	0.01	0.01	0.01	-	-	-	0.03
SILICOFLAGELADOS								
<i>Distephanus</i>	0.00	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dictyocha</i>	-	-	-	-	-	0.00	-	-

3.4 Análisis de la variación espacial.

Los análisis de correlación se realizaron con los datos promedio de las estaciones en cada mes de muestreo. Se encontró que la salinidad, oxígeno, fosfatos, clorofila "a", coliformes fecales y penetración de la luz presentaron correlaciones significativas ($\alpha = 0.05$) entre ellas (Tabla IV). Ya que dichas variables fueron significativas y son indicadoras de aguas residuales, se graficaron (Fig. 12) utilizando los datos promedio contra la distancia de las estaciones a la zona del efluente de agua residual (medidas en km a partir la punta del espigón del puerto de Ensenada). Se detectó que la baja salinidad, el oxígeno y la penetración de luz se incrementaron a mayor distancia de la descarga (Fig. 12 a, b y f). En contraste, el comportamiento de la concentración de fosfatos, clorofila "a" y coliformes fecales (Fig. 12 c, d y e) fue opuesto, con valores mayores cerca de la descarga y se incrementaron a medida que nos alejamos de la boca del arroyo El Gallo.

Las correlaciones entre fosfatos vs. salinidad ($r = -0.92$), salinidad vs. coliformes fecales ($r = -0.96$), así como salinidad vs. clorofila "a" ($r = -0.70$) fueron inversas (Fig. 13a, b y c), en tanto que la correlación entre fosfatos vs. clorofila "a" ($r = 0.67$) y fosfatos vs. coliformes fecales ($r = 0.97$) fueron directas (Fig. 13d y 14a). Por otro lado la penetración de luz contra clorofila "a" ($r = -0.62$), abundancia de fitoplancton total ($r = -0.75$) y diatomeas ($r = -0.87$) presentaron correlaciones inversas (Fig. 14 b, c y d).

A pesar de que la correlación entre abundancia de diatomeas y dinoflagelados no fue significativa ($r = 0.47$), presentaron un comportamiento similar con respecto a la distancia a la descarga que fue opuesto a la penetración de la luz (Fig. 14e). No se observa una relación clara entre las fluctuaciones de estas variables y la distancia de las estaciones a la descarga.

Se debe indicar que de toda la matriz de correlación (Tabla IV) únicamente se graficaron aquellas relaciones significativas y que además estuvieron fuertemente relacionadas con el resto de las variables y con la descarga. Así por ejemplo temperatura vs. silicatos, oxígeno vs. distancia, nanoflagelados vs. abundancia total y nanoflagelados vs. dinoflagelados no se graficaron.

Tabla IV. Correlaciones de Pearson con datos promedio de los meses para cada estación.
Las correlaciones sombreadas son significativas (alfa =0.05)

VARIABLE	TEMPE	SAL	OXIGENO	PO4	SIO4	CLORO	ATOT	ADIAT	ADINO	ANANO	CF	LUZ	DIST
TEMPE	1.00	0.45	-0.01	-0.44	0.05	0.10	-0.07	-0.38	0.44	0.05	-0.55	0.30	-0.03
SAL	0.45	1.00	0.47	-0.95	-0.26	0.70	-0.27	-0.44	0.12	-0.10	0.95	0.58	0.58
OXIGENO	-0.01	0.47	1.00	-0.60	-0.15	-0.24	-0.34	-0.30	-0.02	-0.02	0.95	-0.52	-0.60
PO4	-0.44	0.95	-0.60	1.00	0.47	0.67	0.44	0.45	-0.04	0.28	0.95	0.02	0.11
SIO4	0.05	-0.26	-0.15	0.47	1.00	-0.06	0.09	0.01	-0.42	0.11	0.43	0.02	0.11
CLORO	0.10	0.70	-0.24	0.67	-0.06	1.00	0.42	0.31	0.32	0.50	0.60	0.52	-0.43
ATOT	-0.07	-0.27	-0.34	0.44	0.09	0.42	1.00	0.34	0.72	0.92	0.34	0.75	-0.23
ADIAT	-0.38	-0.44	-0.30	0.45	0.01	0.31	0.34	1.00	0.47	0.49	0.48	0.27	-0.29
ADINO	0.44	0.12	-0.02	-0.04	-0.42	0.32	0.72	0.47	1.00	0.70	-0.13	-0.44	0.03
ANANO	0.05	-0.10	-0.02	0.28	0.11	0.50	0.92	0.49	0.70	1.00	0.15	-0.59	0.03
CF	-0.55	0.95	-0.58	0.97	0.43	0.60	0.34	0.48	-0.13	0.15	1.00	-0.52	-0.61
LUZ	0.30	0.58	0.07	-0.52	0.02	0.62	0.75	0.67	-0.44	-0.59	-0.52	1.00	0.16
DIST	-0.03	0.58	0.95	-0.60	0.11	-0.43	-0.23	-0.29	0.03	0.03	-0.61	0.16	1.00

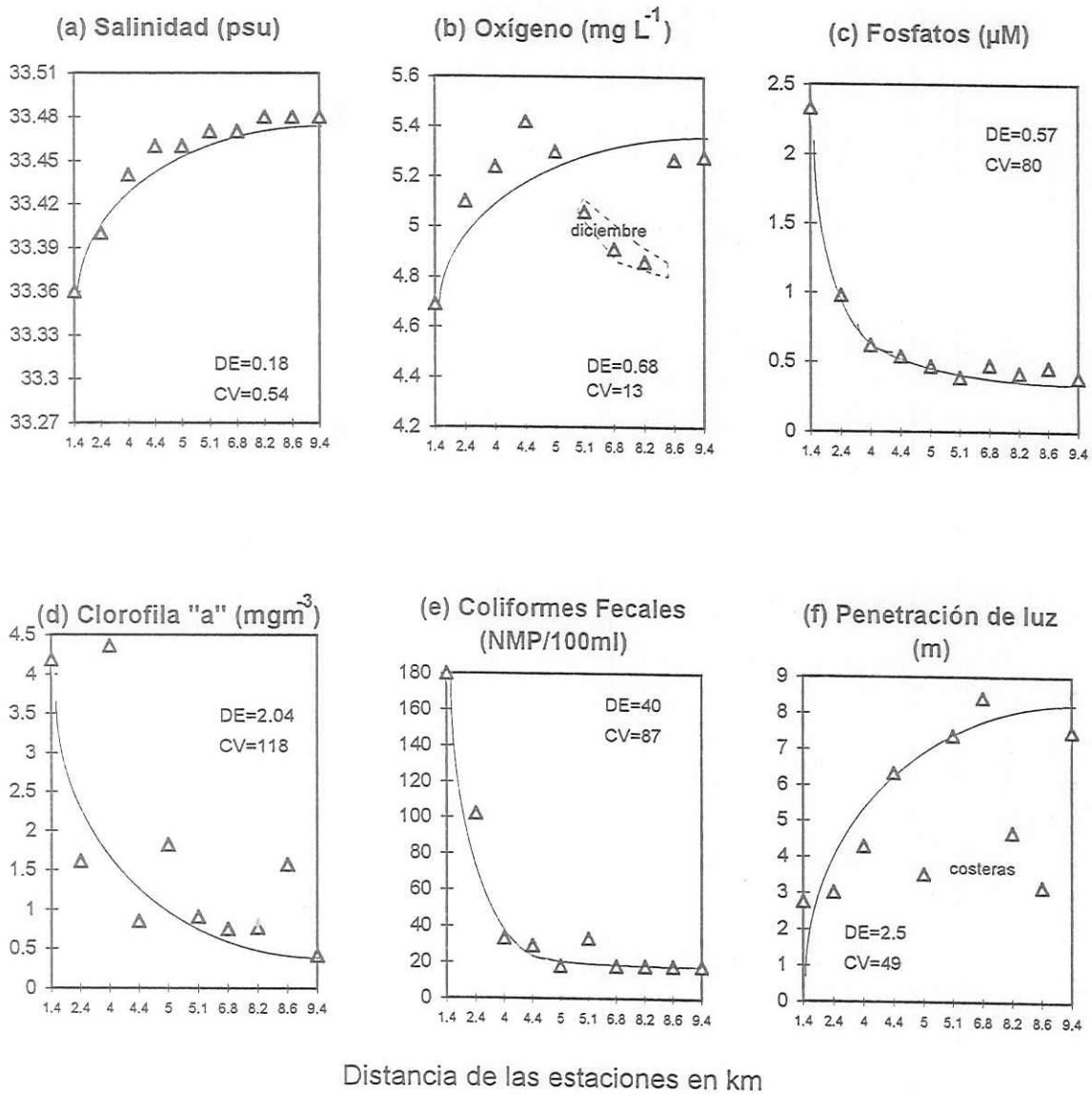


Fig. 12 Intervalo de concentración de las variables significativas (los puntos marcados son el promedio de los meses por estación).
 DE = Desviación estandar y CV= Coeficiente de variación.

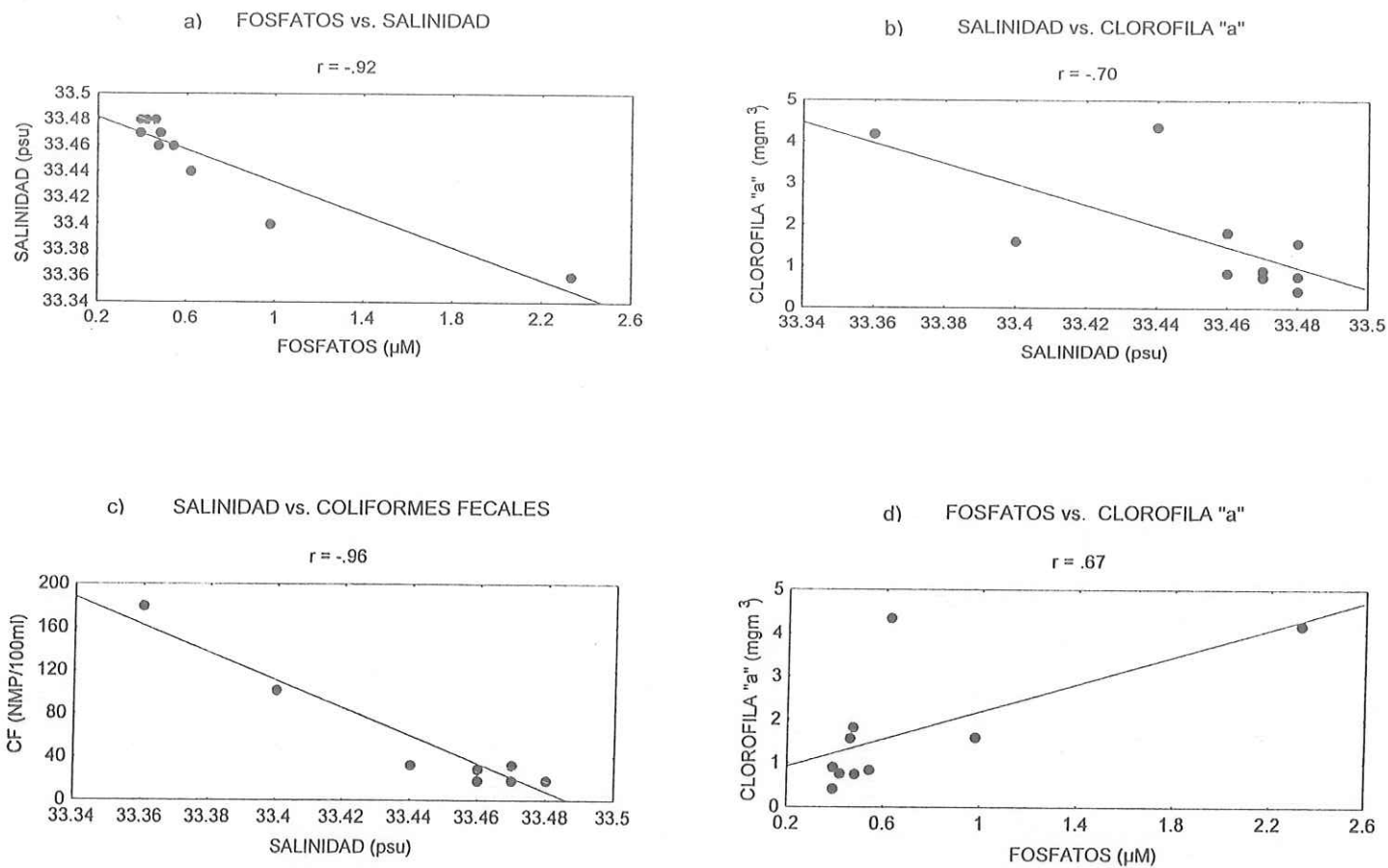


Fig. 13 Relacion entre; a) Fosfatos y salinidad, b) Salinidad y clorofila "a", c) salinidad y coliformes fecales, d) Fosfatos y clorofila "a" (alfa de 0.05).

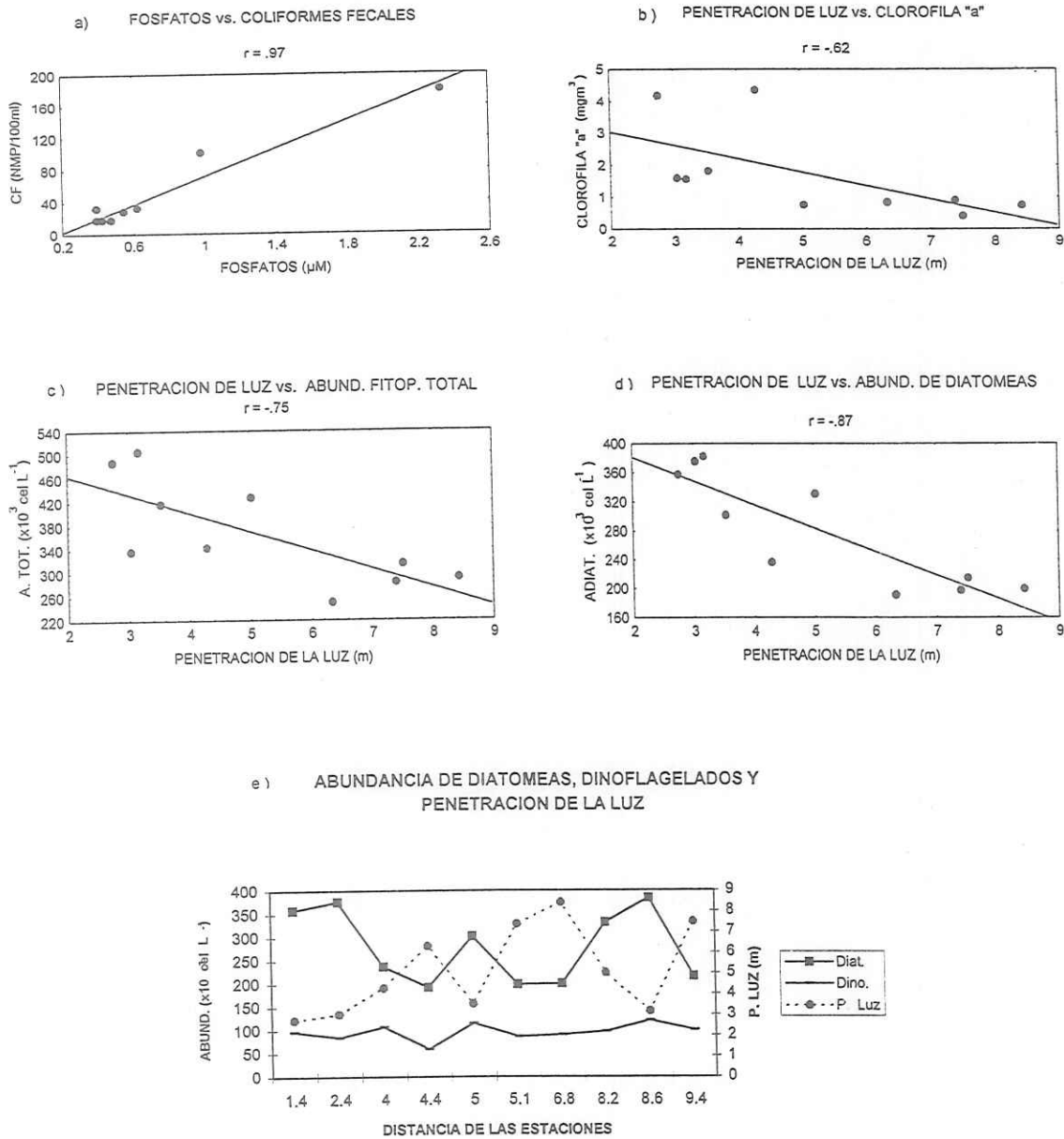


Fig. 14 Correlaciones entre; a) fosfatos y coliformes fecales, b) Penetración de la luz clorofila "a", c) Penetración de la luz y abundancia de fitoplancton total, d) Penetración de luz y abundancia de diatomeas, e) Abundancia de diatomeas, dinoflagelados y penetración de luz. ($\alpha=0.05$)

3.5 Análisis de la variación temporal.

Una vez que se identificó que las variables salinidad (aporte de agua dulce), oxígeno, fosfatos (nutrientes) coliformes fecales (bacterias de origen doméstico) y penetración de la luz (partículas en suspensión) representaron la influencia de la descarga, se analizaron nuevamente pero ahora incluyendo todas las estaciones y todos los meses de muestreo a través de componentes principales, esto fue con la finalidad de detectar las asociaciones particulares en cada mes. Se hizo esto debido a que no era posible aplicar correlación, ya que al intentarlo, resultaba que el número de variables era mas pequeño, faltando algunos datos como los de coliformes fecales en algunos meses, datos en la estación 3 y clorofila "a" en enero (valor constante de 0.2 mgm^3 el cual no se pudo correlacionar).

En la tabla V se presenta la asociación de las variables y su contribución relativa según su peso o aportación a la variabilidad total. En todos los casos se seleccionaron el número de CP que explicaran mas del 90% de la variabilidad total de los datos.

Se detectó una asociación temporal directa entre fosfatos y clorofila "a", directa también entre salinidad y penetración de la luz.

Durante julio los fosfatos, la clorofila "a" y diatomeas se asociaron directamente (+), mientras que la salinidad tubo un comportamiento inverso (-). En agosto, al igual que en julio hubo una relación directa entre fosfatos y clorofila "a", se detectó que el oxígeno fue inverso a la salinidad y diatomeas. Con este análisis se detecto que los dinoflagelados están asociados directamente con la penetración de la luz. Para septiembre se presentó una asociación directa entre la concentración de fosfatos y la penetración de la luz, así como entre oxígeno, salinidad y clorofila "a", situaciones opuestas a lo esperado.

En relación a octubre hubo una asociación directa entre salinidad y penetración de luz, ambas variables fueron inversas con fosfatos y diatomeas en el primer componente principal. Durante noviembre la salinidad y diatomeas tuvieron una asociación inversa a fosfatos, en tanto que clorofila y dinoflagelados fueron directas con la penetración de la luz. En diciembre tanto salinidad como penetración de luz se relacionaron positivamente y ambos fueron inversas con clorofila "a", mientras que los fosfatos se relacionaron inversamente con oxígeno. Enero presento una asociación inversa de fosfatos contra salinidad y penetración de la luz (Tabla V).

Tabla. V Contribución relativa de las variables al Componente Principal y % de variabilidad explicada por cada componente.

MES	CP1	CP2	CP3	CP4	%VAR. TOTAL
JULIO % VAR.	SAL, -PO ₄ , -CHLA, -DIAT 74.76	DINO 13.49	O ₂ 8.68		96.93
AGOSTO % VAR.	PO ₄ , CHLA 60.21	-O ₂ , SAL, DIAT 24.36	DINO, LUZ 8.55		93.13
SEPTIEMBRE % VAR.	O ₂ , SAL, CHLA 48.15	DIAT, DINO 27.67	PO ₄ , LUZ 16.07		91.89
OCTUBRE % VAR.	SAL, -PO ₄ , -DIAT, LUZ 55.39	O ₂ 19.99	-CHLA 12.17	DINO 9.44	96.99
NOVIEMBRE % VAR.	-CHLA, -DINO, LUZ 60.35	SAL, -PO ₄ , DIAT 18.90	O ₂ 17.35		96.9
DICIEMBRE % VAR.	-SAL, CHLA, -LUZ 48.16	DIAT, DINO 29.74	-O ₂ , PO ₄ 13.75		91.65
ENERO % VAR.	DIAT 44.23	SAL, -PO ₄ , LUZ 36.17	-O ₂ , DINO 12.69		93.09

4. DISCUSIÓN.

Influencia de las aguas residuales sobre el fitoplancton.

Las altas concentraciones de fosfatos y coliformes fecales, adyacentes a la desembocadura del arroyo "El Gallo" (Fig. 12 c y e) se debieron a la disposición de aguas residuales principalmente en octubre y noviembre (Fig. 3d) lo cual se reflejó en baja salinidad y baja concentración de oxígeno ceca de la descarga (Fig. 12 a y b).

De acuerdo a los mapas de isoclinas, la baja concentración de oxígeno durante julio en la zona de descarga se debe a que las aguas residuales tienen alta Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno. Autores como Segovia-Zavala y Galindo-Bect (1984) y Olivos-Ortíz (1994) han reportado valores de oxígeno de 1.87 a 0.0 mg L⁻¹ en la desembocadura del arroyo "El Gallo", producto del material orgánico en exceso.

Por otro lado, las bajas concentraciones de oxígeno (2.5 mg L⁻¹) detectadas en las estaciones centrales de la zona de muestreo (5, 6 y 9) durante diciembre (Fig. 7d) pueden ser atribuibles a diversas causas, es probable que como en esa zona hay menor movimiento de la masa de agua según el patrón de circulación superficial propuesto por Argote-Espinoza *et. al.*, (1975) las células de fitoplancton se hundan con mayor velocidad ocasionando que la respiración sea mayor que la fotosíntesis, también es probable que exista una zona de acumulación de materia orgánica proveniente de la descarga (como lo sugieren Segovia-Zavala *et. al.*, 1988 y Romero-Vargas, 1995) que se degrada gradualmente y esto sumado a los procesos de respiración y hundimiento, abaten el oxígeno en esa zona.

La relación inversa entre salinidad y las concentraciones de fosfatos ($r = -0.93$) y coliformes fecales ($r = -0.96$) corroboran la influencia de las aguas residuales con aporte de agua dulce (Fig. 13 a y c). El origen de los fosfatos es de detergentes y descomposición de materia orgánica en las aguas negras y las bacterias coliformes fecales son constituyentes característicos del agua residual doméstica. Un comportamiento similar había sido reportado con anterioridad por Lizárraga-Pártida (1973). Dowdier (1988) menciona que invariablemente cuando hay influencia de una descarga en la zona marina hay una disminución de la salinidad. A pesar de que el cambio es < 1 psu la influencia de la descarga es notoria a pesar de que se requieren grandes volúmenes de agua dulce para generar cambios notables en la salinidad de un cuerpo de agua como la Bahía de Todos Santos.

Las mayores concentraciones de fosfatos cerca del efluente (hasta 9.76 μM durante diciembre) rebasan al criterio establecido (2.8 μM de fosfatos, Ketchum, 1969) para aguas costeras consideradas como alteradas por actividades antropogénicas. Al haber una relación inversa entre la concentración de fosfatos y la concentración de oxígeno, se confirma la influencia de la disposición de aguas negras en la bahía, ya que esta asociación es característica (Olivos-Ortíz, 1994) de las zonas influenciadas por descargas de aguas residuales domésticas.

La concentración de clorofila "a" registrada fue mayor que lo reportado (0.3 - 0.5 mg m^{-3}) por Rivas-Lozano en 1985. Los datos de este trabajo coinciden con resultados de otros estudios sobre fitoplancton en aguas costeras con influencia de descargas de aguas residuales (Thompson y Ho, 1981), en los que se incrementó la clorofila "a" presentando valores que algunas veces excedieron los 20 mg m^{-3} . En la desembocadura del arroyo "El Gallo" se han detectado concentraciones de clorofila hasta de 50 mg m^{-3} (Aguirre-Buenfil, 1983), mientras que en este trabajo, se encontró una concentración de 19.8 mg m^{-3} durante julio en la estación 1 (Fig. 4 b), en contraste durante invierno, hubo concentraciones del orden de 0.2 mg m^{-3} que se atribuyen a que el fitoplancton no se adapta completamente a las condiciones ambientales (Gaxiola-Castro y Alvarez-Borrego, 1984; González-Morales y Gaxiola-Castro, 1991).

Comportamientos similares se han encontrado en otras zonas (Frigos 1989), donde se menciona que las altas concentraciones de pigmentos son resultado de la eutrofización local cuyo enriquecimiento de nutrientes es favorable para el desarrollo de la biomasa del fitoplancton como se puede corroborar en las figuras 12 d y 13 d de este trabajo.

Se ha planteado, que aunque en ocasiones no se exceden los criterios establecidos de nutrientes, la distribución horizontal de fosfatos llega a controlar la distribución espacial taxonómica del fitoplancton (Frigos y Koussouris, 1984) situación que se ve reflejada al presentarse un gradiente con mayor abundancia de diatomeas y dinoflagelados cerca de la descarga y menores abundancias en la zona más alejada durante octubre y noviembre (Fig. 9c y d). Olivos-Ortíz (1994) considera que en la Bahía de Todos Santos a 1.3 km de distancia del efluente se desvanece la pluma de nutrientes con concentraciones de fosfatos de 1.27 μM , sin embargo los efectos fueron evidentes sobre el fitoplancton con concentraciones de fosfatos hasta de 2.3 μM a 2 km de la descarga (Fig. 8b). Se encontró una relación en septiembre y octubre ya que coincidió la mayor abundancia de fitoplancton con la mayor concentración de fosfatos (Fig. 3 d)

La relación inversa entre profundidad de penetración de la luz y la clorofila "a" en este trabajo (Fig. 14 b, c y d) manifiesta el papel del fitoplancton en la atenuación de la luz como lo han señalado diversos autores (Oviatt *et. al.*, 1989; Harper, 1992; Delgadillo-Hinojosa *et. al.*, 1997). Esta observación se apoya en el hecho de que existe una relación entre la disponibilidad de fosfatos y la clorofila "a" (Fig. 13 d) Philips *et. al.*, (1995).

En julio hubo una relación directa entre los aportes de fosfatos y la concentración de clorofila "a" (significativa a $r = 0.67$) inversos a la abundancia de fitoplancton total (190×10^3 cel L^{-1}), es probable que al disminuir el tamaño y número de células, estas incrementen su contenido de clorofila a por unidad de organismo debido a que los organismos se adaptan a las condiciones de turbidez (De la Peña-Netter; 1991; Mancillas-Peraza y Martínez-García, 1991; Revelante y Gilmartin, 1995; Espinoza-Carreón 1996) ya que en los mismos meses predominaron organismos más pequeños.

A pesar de que hay muchos estudios con respecto a la asimilación de fosfatos por el fitoplancton, es muy difícil establecer un efecto directo sobre estos organismos. (Nalewalejo y Lean, 1980) ya que usualmente los aportes antropogénicos aportan una variedad de nutrientes, que junto con las tasas de hundimiento, crecimiento, transporte vertical, temperatura, pastoreo, luz y estratificación así como la sucesión natural (Platt, 1981) hacen que la interpretación ecológica del fitoplancton con relación a un nutriente sea muy compleja. A pesar de esto, Davis y Sleep (1989) demostraron que la asimilación de fósforo es independiente del nitrógeno pero cuando se encuentra en combinación con amonio o nitrato (como sucede en las descargas domésticas) resulta en un incremento de la fotosíntesis, el fósforo estimula la fijación de carbón, mas aún demostraron que la tasa de fotosintética a iluminación y presión parcial de bióxido de carbono constantes, es controlada por la concentración de clorofila "a" y la disponibilidad de fosfato en el fitoplancton.

Esto significa que el fosfato estimula rutas metabólicas vitales en los microorganismos tales como la de asimilación del nitrógeno entre otros procesos. Lund (1969) ha reportado que cuando se incrementa 10 veces mas la concentración normal de fosfatos en el agua de un lago, se genera un desarrollo masivo de diatomeas y hay reducción del contenido de sílice. No se debe olvidar que en este trabajo, el área de estudio es un cuerpo de agua abierto y la dinámica de los nutrientes es diferente, sin embargo se observó un florecimiento de diatomeas durante octubre (Fig. 3d y 4a, c) que coincidió con una alta concentración de fosfatos y baja de silicatos. En general los valores de silicatos estuvieron dentro de los valores típicos para la corriente de

California (Thomas y Seibert, 1974) y en el promedio reportado para la zona costera (37 μM en Riley y Chester, 1989).

Los silicatos presentaron una asociación inversa con la temperatura ($r = -0.65$), lo cual se observa en los mapas de distribución espacial (Fig. 7a y b; 8c y d) así como en la Tabla IV, la relación no fue detectada en los ACP ya que la temperatura no se incluyó en el análisis debido a la homogeneidad de los datos. Se observó que las aguas residuales presentaron poca influencia térmica sobre la Bahía de Todos Santos debido a que la diferencia de temperatura entre la zona de la descarga y el agua de la bahía fue menor de 1 °C. Únicamente durante julio se pudo apreciar la influencia del Estero de Punta Banda en la zona SE de la bahía, así como la influencia de agua ligeramente mas fría proveniente del cañón submarino, zona que se localiza entre Punta Banda y las Islas Todos Santos, B.C. Esta homogeneidad de temperatura con mayores valores cerca de la costa, es debido probablemente al calentamiento en zonas de menor profundidad.

Es posible que exista una fuerte asimilación de silicatos por parte de las diatomeas tal como lo menciona Paasche (1980), ya que también en agosto la mayor concentración de sílice en la zona central del muestreo (estaciones 5 y 6) coincidió con baja abundancia de diatomeas, a pesar de que no hubo correlación significativa entre estas variables. El mismo comportamiento ha sido detectado en la zona con anterioridad por Cacho-López (1992).

La correlación inversa entre la escasa penetración de luz y elevada abundancia de fitoplancton total ($r = -0.75$), alta abundancia de diatomeas ($r = -0.87$) y alta clorofila "a" ($r = -0.62$) corroboran la influencia de la descarga sobre el fitoplancton debido a que la baja penetración de luz esta relacionada con altas concentraciones de fosfatos y coliformes fecales cerca del efluente, además porque la estación 10 presentó un comportamiento con abundancias de fitoplancton inversas al resto de las estaciones debido a que es la estación mas alejada y presenta menor influencia de la descarga.

Debido a que no se repitió un patrón constante en el tiempo se decidió analizar las relaciones particulares entre variables, por medio de los análisis por componentes principales (Tabla V). Esta información fue muy útil para observar las relaciones entre variables y facilitar el análisis de los resultados debido a al alto número de gráficas y figuras que se tenían al inicio, gran parte de la interpretación esta relacionada directamente con esta tabla.

En el primer mes hubo disminución en la clorofila "a" asociadas con el florecimiento de *Skeletonema* sp. con mayores abundancias en la estación 1 (donde también hubo un incremento de fosfatos el cual fue disminuyendo hacia la estación 10). Al respecto Marrasé *et. al.*, (1989) mencionan que la abundancia numérica no necesariamente indica la proporción de biomasa con que contribuye cada genero ya que el contenido de biomasa es independiente del tamaño de la célula e incluso especies con baja frecuencia de aparición pueden soportar mayor biomasa que especies numéricamente importantes como sucedió en julio, que menor abundancia de células coincidió con alta clorofila, mientras que en octubre, la mayor abundancia coincidió con la menor biomasa, contrastando con noviembre que presentó la máxima abundancia de fitoplancton total y un incremento de clorofila "a", estas situaciones reflejan la capacidad de la comunidad del fitoplancton para compensar su abundancia y contenido de clorofila "a" con cambios en la estructura de sus poblaciones tal como lo menciona Margalef (1977) pues no se detectó una influencia de la descarga sobre la estructura de la comunidad del fitoplancton (Fig. 14 e).

Sin embargo, en el tiempo si se encontró una sucesión de nanoflagelados-diatomeas-nanoflagelados en julio- octubre- enero (Fig. 4d), que fue diferente de la sucesión propuesta por Margalef (1958) de nanoflagelados- diatomeas- dinoflagelados, a pesar de que al inicio la sucesión fue similar: nanoflagelados-diatomeas, en este trabajo los dinoflagelados nunca fueron el grupo dominantes, al menos en el periodo de estudio. Sucesiones similares a la encontrada se han reportado en diferentes comunidades algales y bajo condiciones de crecimiento diferentes, lo cual sugiere que es un proceso bien definido, al menos para la zona templada (Marrasé *et. al.*, 1989) y que el mecanismo causal parece ser el enriquecimiento local de nutrientes (Oviatt *et al.*, 1989; Zingone *et. al.*, 1995). Kenish (1990) menciona que se pueden encontrar abundancias elevadas de estos organismos en regiones frías.

Se debe aclarar que en este trabajo se considero como nanoflagelados aquellos organismos con tamaño entre 5 y 20 μm que no se pudieron identificar mediante la técnica usada, pero sin embargo presentaron tamaños, formas y figuras características durante todo el análisis de las muestras. Se considera que los nanoflagealdos durante este estudio estuvieron constituidos principalmente por cocolitoforidos según las observaciones en el microscopio y las comparaciones con Jiménez (1983) y a pesar de que se sabe que el ácido destruye las placas calcáreas de estas microalgas, el formol usado fue neutralizado y llevado a ligeramente alcalino con borato de sodio, además las muestras fueron almacenadas en recipientes oscuros a temperatura $< 25^{\circ}\text{C}$. Por lo que se considera que se tiene una estimación real de este grupo.

Existía la posibilidad de que las células de los dinoflagelados fueran dañadas por el fijador utilizado, ya que carecen de exoesqueleto, y que debido a esto su abundancia fuera tan baja, sin embargo cuando se comparó con otros trabajos realizados en la Bahía de Todos Santos se observó que a pesar de las diferencias en cuanto a número de géneros, las proporciones de los grupos se mantienen. En este trabajo se observó un total de 39 géneros (24 de diatomeas, 13 de dinoflagelados y 2 de silicoflagelados), que en comparación Millán-Núñez y Loya-Salinas (1993) reportaron 52 (33:16:2), Millán-Núñez y Millán-Núñez (1987) reportaron 28 (18:9:1) y Mozqueda-Razo (1995) se registraron 44 géneros (30:12:2). Se debe considerar que tanto Millán y Loya como Mozqueda-Razo muestrearon un ciclo anual por lo tanto tuvieron mayor número de géneros y los valores entre estos dos autores son comparables, en cambio Millán y Millán muestrearon en el Estero de Punta Banda un período de días por lo que ellos registraron la menor cantidad de géneros y este trabajo abarcó solo 7 meses obteniéndose un valor intermedio, con lo que se justifica que los datos obtenidos en este trabajo son validos.

También se debe considerar el hecho de que *Prorocentrum* sp. y *Dinophysis* sp. fueron los géneros mas abundantes de dinofalgelados (Tabla III) lo cual corrobora que el formol no fue tan destructivo para las células a pesar del tiempo que duraron almacenadas las muestras.

Probablemente para noviembre hubo acumulación de fosfato a través del tiempo, pues primero ocurre el florecimiento de *Skeletonema* spp. (con 707×10^3 cel L⁻¹ en la estación 1) y después un incremento en el aporte de aguas residuales y consecuentemente de dinoflagelados con la mayor abundancia de *Gymnodinium* sp. (279×10^3 cel L⁻¹) en la estación 1, sin embargo este valor no es indicativo de un florecimiento de dinoflagelados, ya que Roberts (1979) considerada como florecimiento a abundancias de *Gymnodinium breve* de 600×10^3 cel L⁻¹. En el mismo mes la mayor abundancia fue de diatomeas y nanoflagelados.

Durante todo el muestreo *Skeletonema* spp. presentó una abundancia menor de 800 cel L⁻¹ sin embargo es importante considerar que el aporte de nutrientes y la turbulencia rápidamente pueden cambiar la abundancia y dominancia de diatomeas por dinoflagelados y viceversa (Margalef et. al., 1979) situación que impredeciblemente podría derivar en marea roja como se ha observado en los últimos años (Orellana-Cépeda et. al., 1993) en la zona con mayor frecuencia de aparición de estos eventos.

La abundancia total del fitoplancton y de diatomeas presentaron comportamientos similares, lo que corrobora que las diatomeas fueron el grupo de mayor abundancia durante todo

el muestreo. Los valores de abundancia total registrados para este estudio coincidieron con valores reportados por Millán-Núñez y Loya-Salinas (1993) para la Bahía de Todos Santos.

En el presente trabajo las diatomeas presentaron la mayor cantidad de géneros y mayor abundancia celular, variables que fueron muy diferentes entre los meses y estaciones de muestreo, en contraste los dinoflagelados se mantuvieron constantes espacio-temporalmente tanto en número de géneros como en cantidad de organismos, esta situación refleja cierta inestabilidad ya que son pocos los organismos que se logran adaptar y ser mas competitivos

Las diatomeas son organismos de zonas más templadas, por lo que su presencia es común en aguas de la corriente de California, mientras que los dinoflagelados son de aguas tropicales. Se hace énfasis en la comparación entre diatomeas y dinoflagelados ya que se desea identificar al grupo fitoplanctónico dominante en la región (bajo condiciones de descargas de aguas residuales domésticas).

El índice de Levins utilizado para ordenar los géneros representa la capacidad de un género para existir en espacio (y/o tiempo) y asigna valores máximos al más abundante (Tabla III). Los taxa con el nicho más amplio tienen una alta abundancia relativa en la comunidad y son también los mas dominantes (McNaughton and Wolf, 1970).

Tanto diatomeas como dinoflagelados presentaron valores altos de amplitud de nicho durante julio, lo cual indica que fueron pocos los organismos que se pudieron adaptar a estas condiciones, tomando ventaja sobre los otros organismos (tal como lo mencionan Thompson y Ho (1981) lo cual se refleja en los muestreos de julio y noviembre.

Los géneros que presentaron los valores mas altos de amplitud de nicho ecológico tanto espacial como temporal durante el periodo de estudio fueron las diatomeas; *Coscinodiscus* sp., *Skeletonema* sp., *Nitzschia* sp., y los dinoflagelados; *Prorocentrum* sp., *Gymnodinium* sp., *Peridinium* sp., *Ceratium* sp., *Oxitoxum* sp., *Thorodinium* sp. y *Dinophysys* sp. Lo que significa que éstos géneros de fitoplancton tuvieron la mayor distribución en la Bahía. Temporalmente ambos grupos presentaron una distribución mas amplia en las estaciones 2,3 y 6 lo cual se puede deber a que los organismos encontraron una zona mas propicia para su desarrollo. Espacialmente las diatomeas tuvieron una mayor distribución en julio y agosto lo que refleja la capacidad de este grupo a existir en este periodo. De igual forma los dinoflagelados presentaron una mayor distribución espacial en julio, agosto y octubre cuando se presentaron las menores dominancias

particularmente en las estaciones cercanas a la descarga (1,2 y 7) lo que corrobora la capacidad de éstos dinoflagelados a existir en la zona.

Debido a que los géneros con mayor abundancia y distribución en la bahía fueron las diatomeas: *Coscinodiscus* sp., *Skeletonema* sp., *Nitzschia* sp. y los dinoflagelados: *Prorocentrum* sp., *Gymnodinium* sp., *Peridinium* sp., se buscó en reportes anteriores donde se encontró que los géneros dominantes identificados con anterioridad que coinciden con los de este estudio fueron *Nitzschia* sp., *Prorocentrum* sp., *Gymnodinium* sp., y *Peridinium* sp. (Hernández-Becerril, 1985; Millán-Núñez y Millán-Núñez, 1987; Gónzales-Morales y Gaxiola-Castro, 1991; Millán-Núñez y Rivas-Lozano, 1991; Millán-Núñez y Loya-Salinas, 1993; Mozqueda-Razo, 1995; Espinoza-Carreón, 1996) con lo cual se puede mencionar que los dinoflagelados persisten través del tiempo en la zona ya que como grupo se mantiene a pesar de los cambios diarios mientras que las poblaciones de diatomeas fluctúan dependiendo más de los cambios en el medio ambiente, pues hay grupos que asimilan mejor los nutrientes, la luz y son capaces de adaptarse mejor a la dinámica del medio.

Esto significa que a pesar de que fluctúan las condiciones del medio ambiente como temperatura, salinidad, oxígeno, nutrientes, luz etc. los dinoflagelados logran mantener estables sus poblaciones aunque con baja abundancia, mientras que las diatomeas experimentan mayores cambios taxonómicos y numéricos, estableciendo mayores relaciones interespecificas (Brower y Zar, 1984) lo cual resulta en exclusión de otros géneros.

Con relación al grupo de los silicoflagelados únicamente se identificó la presencia de dos géneros (*Distephanus* sp. y *Dictyocha* sp.) durante julio en estaciones 7 y 8, diciembre en la estación 6. Estos géneros han sido reportados en la zona por Millán-Núñez y Millán-Núñez (1987); Millán-Núñez y Loya-Salinas (1993); Mozqueda-Razo (1995) y Espinoza-Carreón (1996). A pesar de que este trabajo no comprendió todo el verano, se registró menor abundancia con la reportada anteriormente, ellos los registran durante todo el año con abundancias máximas de 17×10^3 cel L⁻¹ en verano, mientras que en el presente estudio se presentaron con muy poca frecuencia y abundancias menores de 200 cel L⁻¹. Esta situación es normal ya que Fanuko (1989) menciona que son microalgas planctónicas muy raras y que no son abundantes en la actualidad, sin embargo el radio *Dictyocha* / *Distephanus* se ha usado como un indicador de la paleotemperatura del agua de mar ya que *Distephanus* se ha reportado como sp. de agua cálida y *Dictyocha* es característica en bajas temperaturas, situación que coincide con la identificación en este trabajo.

Por otro lado, se ha mencionado que la tasa de pastoreo del zooplancton sobre el fitoplancton es una de las principales causas de mortalidad del fitoplancton (García-Pámanes, 1989) existe gran variabilidad diaria en los datos de consumo de clorofila "a" que oscilan entre valores desde cero hasta 178 % con un promedio del 25 % (Lara-Lara y Matus-Hernandez, 1997), a pesar de que en este trabajo no se cuantificó la abundancia de zooplancton, se observó en las muestras de julio y agosto mayor presencia de zooplancton, lo que coincide con baja abundancia de diatomeas por lo cual es probable que la sucesión del fitoplancton en esta temporada este relacionada con la del zooplancton (como menciona Valtonen *et. al.*, 1978).

Se ha mencionado que en periodos de 5-10 años se puede comparar si las poblaciones de fitoplancton han cambiado y relacionarlas con los aportes de fosfatos y silicatos del medio, por lo cual este trabajo es importante para relacionarlo con futuras investigaciones.

5. CONCLUSIONES.

Se detectó que la influencia de las aguas residuales del arroyo "el Gallo" sobre la Bahía de Todos Santos, se refleja en menor contenido de oxígeno disuelto, salinidad y penetración de luz en la zona cercana al efluente.

Hay un enriquecimiento local de fosfatos aportados a la Bahía de Todos Santos por las aguas de deshecho que incrementan la abundancia del fitoplancton y la clorofila "a", presentandose un proceso de eutroficación local.

Hay una relación inversa entre la clorofila "a" y la penetración de luz, lo cual sugiere que la penetración de la luz en la columna de agua es controlada principalmente por la biomasa del fitoplancton.

Se identificó la presencia de un florecimiento de *Skeletonema* sp. durante septiembre-octubre-noviembre, asociado con alta concentración de fosfatos y baja concentración de clorofila "a".

Durante el período de estudio hubo una sucesión fitoplanctónica constituida por nanoflagelados-diatomeas-nanoflagelados característica en zonas templadas y enriquecidas por nutrientes.

No se detectó un efecto de las aguas residuales sobre la estructura de la comunidad. Sin embargo hay dominancia en la zona de las diatomeas: *Skeletonema* sp., *Coscinodiscus* sp., *Nitzschia* sp. y los dinoflagelados: *Gymnodinium* sp., *Prorocentrum* sp., y *Peridinium* sp..

6. BIBLIOGRAFIA

- * Aguirre-Buenfil L.A. (1983). Biomasa e índice pigmentario (D430/D665) del fitoplankton en zonas afectadas por descargas orgánicas en la Bahía de Todos Santos, Baja California. México (Febrero-Diciembre de 1982). Tesis de Licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 64 pp.
- * Ahumada-Sempoal M.A. (1993). Corrientes litorales inducidas por oleaje en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 38 pp.
- * Alasaarela E. (1979). Spatial, seasonal and long-term variations in the phytoplankton biomass and species composition in the coastal waters of the Bothnian Bay of Oulu. **Ann. Bot. Fenn.** 6(2):108-122.
- * APHA-AWWA-WPCF (1981). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 15th edition. Washington, D.C. USA, 1134 pp.
- * Argote-Espinoza M.L., Amador-Buenrostro A., y Morales-Zuñiga C. (1975). Distribución de los parámetros salinidad y temperatura y tendencias de la circulación en la Bahía de Todos Santos, B.C. **Memoria de la primera reunion de CIBCASIO.**, pp. 3-30.
- * Bidigare R.R. y Ondrusek M.E. (1990). *In vivo* absorption properties of algal pigments. **Ocean Optics X. SPIE Vol. 1302** :290-302.
- * Bartlett M.S. (1978). Multivariate analysis. En: Green, E.P. **Analysing Multivariate Data**. The Dryden Press. Hinsdale, Illinois. 519 pp.
- * Berger W.H., Smetacek V.S., Wefer G. (1989). **Productivity of the Ocean, Present and Past**. Wiley. Great Britain. 471 pp.
- * Bodeanu N. (1993). Microalgal blooms in the Romanian area of the Black Sea and contemporary eutrophication conditions. En: Smayda T.J. y Shimizu Y. (Eds.) **Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea**. Elsevier. Netherlands. p. 203-209.
- * Brower E.J. y Zar H.J. (1984). **Field and Laboratory Methods for General Ecology**. Brown Publishers. Dunesque, Iowa. United States of America. 226 pp.
- * Cacho-López L. (1992). Variación estacional de nutrientes al Noroeste de la Bahía de Todos Santos (1989-1990). Tesis de licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 46 pp.
- * Cardona-Canizalez C., Millán-Nuñez R., Lara-Lara J.R. y Valdéz-Holguín J.E. (1990). Variabilidad espacio-temporal de la clorofila *a* en una zona de surgencias frente a Baja California. **Ciencias Marinas**. 16(2):31-46.
- * Sañudo-Wilhelmy S.A., Rivera-Duarte I., Segovia-Savala J.A., Orozco-Borbon M.V., Delgadillo-Hinojosa F.D., Valle-Villorin J. (1985). Estado actual de la contaminación en la Bahía de Todos Santos, B.C., diagnóstico y Alternativas para su reducción y control. Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Reporte Técnico 85-01. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 32 pp.
- * CNA Comisión Nacional del Agua. **Gerencia Estatal en Baja California**. Subsecretaría de Administración del Agua controlada por: División Hidrométrica. Estación No. 16 Ensenada, B.C.

- * Contreras-Rivas I. (1973). Influencia termohalina de las aguas del Estero de Punta Banda en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de licenciatura, **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 68 pp.
- * Cupp E.E. (1943). Marine diatoms of the west coast of North America. **Bull Scripps Inst. Oceanogr.** 5(1):1-238.
- * Davies A.G. y Sleep J.A. (1989). The photosynthetic response of nutrient-depleted dilute cultures of *Skeletonema costatum* to pulses of ammonium and nitrate; the importance of phosphate. **Journal of Plankton Research.** 11(1):141-164
- * David P. y Raffelini F. (1984). Contribution to the study of phosphate ion desorption during the dilution of urban sewage outfalls in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin.** 15(12):444-447.
- * De la Peña-Netter G. (1991). Influencia de la turbidez sobre la producción orgánica primaria en la región del Delta del Río Colorado. Tesis de licenciatura, **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 80 pp.
- * Delgadillo-Hinojosa F. (1985). Contaminación fecal en sedimentos superficiales de la zona litoral de la Bahía Todos Santos, B.C. Tesis de Licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 40 pp.
- * Delgadillo-Hinojosa F., Gaxiola-Castro G., Segovia-Savala J.A., Muñoz-Barbosa A. y Orozco-Borbón M.V. (1997). The effect of vertical mixing on primary production in a bay of the Gulf of California. **Estuarine, Coastal and Shelf Science.** 45: 135-148.
- * Devik O. (1976). **Harvesting Polluted Waters.** Plenum Press. N.Y. 324 pp.
- * Eppley R.W. (1986). **Plankton Dynamics of the Southern California Bight.** Lectures notes on coastal and estuarine studies. Springer-Verlag. N.Y. 373 pp.
- * Espinosa-Carreón L.T. (1996). Productividad primaria y su relación con algunas variables bio-ópticas en la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. Tesis de Maestría. **Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada**, Ensenada, B.C., México, 147 pp.
- * Encalada-Fleites R.R. y Millán-Núñez E. (1990). Impacto de las aguas residuales industriales y domésticas sobre las comunidades bentónicas de la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. **Ciencias Marinas.** 16(4):121-139.
- * Faganeli J. (1982). Nutrient dynamics in seawater column in the vicinity of Piran submarine Sewage Outfall (North Adriatic). **Marine Pollution Bulletin.** 13(2):61-66.
- * Friligos N. (1981). An Index of Marine Pollution in the Saronikos Gulf. **Marine Pollution Bulletin** 12(3):96-100.
- * Friligos N. (1983). Enrichment of Inorganic Nutrients in the Western Saronikos Gulf. **Marine Pollution Bulletin** 14(2):52-57.
- * Friligos N. y Koussouris T. (1984). Preliminary observations on sewage nutrient enrichment and phytoplankton ecology in the Thermaikos Gulf, Thessalonik, Greece. **Vie et Milieu.** 31(1):35-39.

- * Friligos N. (1989). Hydrographic and plankton variability in the Saronikos Gulf. **Toxicological and Environmental Chemistry**. 24:155-170.
- * Fanuko N. (1989). Possible relation between a bloom of *Distephanus speculum* (Silicoflagellata) and anoxia in bottom waters in the Northern Adriatic, 1983. **Journal of Plankton Research**. 11(1):75-84.
- * García-Pámanes J. (1989). Variación día a día de la tasa de pastoreo zooplanctónico frente a Baja California, México. Tesis de Maestría. **CICESE**. 61 pp.
- * Gaxiola-Castro G. y Alvarez-Borrego, S. (1984). Relación fotosíntesis-irradiación en el fitoplancton de aguas costeras del noroeste de Baja California. **Ciencias Marinas**. 10(3):53-66 (14).
- * Grijalva-Chon J.M.; Castro-Longoria, M.; Hamman, G. (1985) Temperatura y visibilidad en la Bahía de Todos Santos, B.C., México, octubre de 1982 a septiembre de 1983. **Ciencias Marinas** 11(1):39-48.
- * Green P.E. (1978). **Analyzing Multivariate Data**. The Doyden Press. Hinsdale, Illinois. 519 pp.
- * Greville R.K. (1986). **Descriptions of New and Rare Diatoms**. J.Cramer, ed. 3301 Lehrer New York. 233 pp.
- * Gonzáles-Morales A.T. y Gaxiola-Castro, G. (1991). Variación día a día de características físico-químicas, biomasa y productividad primaria del fitoplancton en una zona de surgencia costera de Baja California. **Ciencias Marinas**. 17(3):21-37.
- * Harper D. (1992). **Eutrophication of Freshwaters**. Principles, problems and restoration. Chapman & Hall. N.Y. 327 pp.
- * Harris G.P. (1986). **Phytoplankton Ecology**. Chapman and Hall. N.Y. 384 pp.
- * Harris P. y Trimbee M.A. (1986). Plankton population dynamics of a small reservoir : physical / biological coupling and the time scales of community change. **Journal of Plankton Research**. 8(6):1011-1025.
- * Hasle G.R. (1978). The inverted-microscope method. In: A.Sournia (ed.) **Phytoplankton Manual**. UNESCO, Paris, p. 88-96.
- * Hernández-Becerril D.U. (1985). Dinoflagelados en el puerto de El Sauzal, Baja California. **Ciencias Marinas**. 11(1):65-91 (27).
- * Hotelling H. (1986). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. En: E. Pla, L. **Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales**. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y tecnológico. Monografía no. 27. Washington, D.C. 97pp.
- * INEGI ; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (1990). Resultados definitivos tabulados básicos. **IX Censo General de Población y Vivienda de Baja California**.
- * Jiménez R. (1983). Cocolitoforidos identificados en el fitoplancton de aguas ecuatorianas. **Acta Oceanográfica del Pacífico**. INOCAR, Ecuador, 2(2):402-441.
- * Jiménez-González R. (1989). Contaminación fecal en las principales playas de uso recreativo de la Bahía de Todos Santos, B.C. durante la estación de verano de 1987. Tesis de Licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C., México**, 48 pp.

- * Kennish M.J. (1990). **Practical Handbook of Marine Science**. CRC Press: New Jersey. 710 pp.
- * Ketchum B.H. (1969). **Eutrophication of estuaries**. En: Eutrophication; Causes, Consequences, Correctives. National Academic Sciences, Washington USA. 192-209 pp.
- * Lara-Lara J. y Matus-Hernandez J. (1997). Tasas diarias de pastoreo del macrozoplancton en la costa de Baja California. **Ciencias Marinas**. 23(1):71-81.
- * Levins R. (1968). **Evolution in Changing Environments, Some Theoretical Explanations**. 1er Ed. Princeton University. Princeton. N.Y.
- * Lizarraga-Pártida M. L. (1973). Contribución al estudio de los vermes anelidos poliquetos como indicadores de contaminación orgánica. Tesis de Licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 25 pp.
- * López-Castillo G. (1994). Condiciones de surgencia costera y masas de agua al NW de Baja California, Mex. Tesis de Licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 57 pp.
- * Lund J.W.G., Kilpling C., y Le Cren E.O. (1958). The inverted microscope method of estimating algal numbers, and the statistical basis of estimation by counting. **Hydrobiologia**, 11(2):143-170.
- * Malone T.C. (1971). The relative importance of nanoplankton and netplankton as primary producers in the California Current systems. **Fish. Bull.**, 69:799-820.
- * Mancilla-Peraza M. y Martínez-García G.M. (1991). Variación estacional de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la Bahía de Todos Santos, B.C., México (Marzo 1986 a Junio 1987). **Revista de Investigación Científica**. 2(2):33-45.
- * Margalef R. (1958). Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. En: Buzziti-Traverso A. A. (ed.) **Perspectives in Marine Biology**. University of California Press, Berkeley, p 323 -349.
- * Margalef R. (1977). **Ecología**. Ediciones Omega. Barcelona. 951 pp.
- * Margalef R., Estrada M., Blasco D. (1979). Functional morphology of organisms involved in red tides as adapted to decaying turbulence. En: Taylor L.D. y Seliger H.H. **Toxic Dinoflagellate Blooms**. Elsevier/North-Holland. USA. p. 89-94.
- * McNaughton S.J. y Wolf L.L. (1970). Dominance and the Niche in Ecological Systems. **Science**. p. 131-139.
- * Millán-Núñez E. y Millán-Núñez R. (1987). Composición y variabilidad del fitoplanctón a finales de primavera, 1985 en el Estero de Punta Banda, Baja California, México. **Ciencias Marinas**. 13 (4):21-34.
- * Millán-Núñez R. y Rivas-Lozano A.M. (1988). Nutrientes y clorofilas en la Bahía de Todos Santos (Mayo 1983). **Ciencias Marinas**. 14(4):23-42.
- * Millán-Núñez E. y Gaxiola-Castro G. (1989). Spatial variability of phytoplankton in the Gulf of California during the El Niño 1983. **Nova Hedwigia** 49:113-119.
- * Millán-Núñez E. (1992). Distribución espacial del fitoplancton en la parte norte del Golfo de California. **Ciencias Marinas**. 18(2):101-117.

- * Millán-Núñez E. y Loya-Salinas D.H. (1993). Variabilidad temporal del fitoplancton en una zona costera del Noroeste de Baja California. **Ciencias Marinas**. 19(1):16-74.
- * Millero F.J. y Sohn M.L. (1992). **Chemical Oceanography**. CRC. USA. 531 pp.
- * Marrasé C., Duarte C.M., Vaqué D. (1989). Succession patterns of phytoplankton blooms: directionality and influence of algal cell size. **Marine Biology**. 102:43-48.
- * Morales -Zuñiga C. (1977). Variaciones estacionales de la temperatura en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 22 pp.
- * Morales-Chaves R. (1984). Colimetría en descargas de aguas industriales, domésticas y en la zona de rompientes en la Bahía de Todos Santos B.C. Tesis de Licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 42 pp.
- * Morris I. (1980). **The Physiological Ecology of Phytoplankton**. University of California Press. L.A. USA., 625 pp.
- * Morrison D.F. (1978). **Multivariate Statistical Methods**. 2nd De. Mc Graw Hill. pp 266-301
- * Mosqueda-Razo C.A. (1995). Variabilidad anual de la estructura del fitoplancton de red en el área norte de la Bahía de Todos Santos, Baja California (1990). Tesis de Licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C. 80 pp.
- * Muñoz-Arriola F. (1994). Variabilidad de Cd, Cu y Pb en los aportes de aguas residuales del arroyo El Gallo a la Bahía de Todos Santos durante el periodo mayo-diciembre de 1991. Tesis de Licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 69 pp.
- * Nájera-Martínez S. (1992). Manual de prácticas de laboratorio para el curso de Técnicas en Oceanografía Biológica. Productividad y Fitoplancton. Programa de Posgrado de Ecología Marina. Prácticas de Laboratorio. **Comunicaciones Académicas**, Serie Ecología, CICESE. CIECP9201., 28 pp.
- * Nalewajko C. y Lean D.R.S. (1980). Phosphorous. En: Moris, I. (Ed.) **The Physiological Ecology of Phytoplankton**. University of California Press. p. 235-258.
- * Odum P.E. (1978). **Ecología**. Ed. Continental S.A. de C.V. México. 295 pp.
- * Olivos-Ortíz A. (1994). Flujos y distribución de nitrógeno inorgánico y ortofosfatos descargados por el arroyo El Gallo a la Bahía de Todos Santos durante el periodo de mayo-diciembre de 1991. Tesis de Licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 54 pp.
- * Orellana-Cepeda E., Morales-Zamorano, L.A., y Castro-Castro, N. (1993). A conceptual model of coastal red tides off Baja California. **Sixth International Conference on Toxic Marine Phytoplankton**. Nantes. 152 pp.
- * Orozco-Borbón M. V. y Gutierrez-Galindo E.A. (1983). Contaminación fecal costera en la zona del puerto de Ensenada, Baja California. **Ciencias Marinas**. 9(1):27-34 (8).
- * Orozco-Borbón M.V. y Delgadillo-Hinojosa. (1989). Contaminación fecal en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, Baja California. **Ciencias Marinas**. 15(1):47-62.

- * Oviatt C, Lane P. French F. Donaghay P. (1989). Phytoplankton species and abundance in response to eutrophication in coastal marine mesocosms. **Journal of Plankton Research**. 11(6):1223-1244.
- * Palmer C. Mervin (1962). **Algae in Water Supplies**. Public Health Service. Publication no.657. Cincinnati, Ohio. 87 pp.
- * Parsons T.R., Takahashi M. y Hargraue B. (1984). **Biological Oceanographic Processes**. 3rd Edition. Pergamon Press. Great Britain, 330 pp.
- * Pavía-Lopez E.G. (1979). Brisas en la Bahía de Todos Santos, Baja California durante los meses de marzo a agosto de 1978 Ensenada, B.C. Tesis Licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 50 pp.
- * Pesson P. (1979). **La Contaminación de las Aguas Continentales**. Ediciones Mundi-Prensa. España. 335 pp.
- * Peña-Manjarrez J.L. (1987). Contribución al estudio de fuentes e contaminación por materia orgánica y sus aportes a la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Licenciatura. **Universidad Autónoma de Baja California**, Ensenada, B.C., México, 67 pp.
- * Philips E.J., Aldridge F.J., Schelse C.L. (1995). Relationships between light availability, chlorophyll a, and tripton in a algae shallow subtropical lake. **Limnol. Oceanogr.** 40(2):416-421
- * Platt T. (1981). Physiological bases of phytoplankton ecology. **Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.** 210:346 pp.
- * Raymont E.G.J. (1980). **Plankton and Productivity in the Oceans**. Pergamon Press. Great Britain. 489 pp.
- * Raman A.V. y Phani P.K. (1989). Phytoplankton in relation to pollution in Visakhapatnam harbour, West coast of India. **Indian. J. Mar Sci.** 18(1):33-36.
- * Ramirez-Mendoza R. (1994). Difusión cinemática frente a la rada del puerto de Ensenada, B. C. utilizando cuerpos de deriva. **Teisis de Licenciatura**. Universidad Autonoma de Baja California. 60 pp.
- * Relevante N. y Gilamartin M. (1995). The relative increase of larger phytoplankton in a subsurface chlorophyll maximum of the northern Adriatic Sea. **Journal of Marine Plankton Research**. 17(17): 1535-1562.
- * Ryley, J.P. y Chester, R. (1989). **Introducción a la Química Marina**. AGT Editor. México, D.F. 459 pp.
- * Rincón-Espinoza R. (1996). Variación de detergentes en la planta de tratamiento del arroyo El Gallo y su aporte a la zona costera. Tesis Licenciatura. **Universidad Autonoma de Baja California**. Ensenada, B.C. Mexico. 41 pp.
- * Rivas-Lozano A.M. (1985). Distribucion y abundancia de fitoplancton en la Bahía de Todos Santos (Primavera 1983) Baja California, Mexico. Tesis Licenciatura. **Universidad Autonoma de Baja California**. Ensenada, B.C. Mexico. 49 pp.
- * Rivas-Lozano A.M. y Millán-Nuñez R. (1991). Distribución y abundancia del fitoplancton en la Bahía de Todos Santos (Mayo, 1983). **Ciencias Marinas**. 17(1):13-24.

- * Roberts B.S. (1979). Occurrence of *Gymnodinium breve* red tides along the West Coast of Florida during 1976 and 1977. En: Taylor L.D. y Seliger H.H. (Eds.) **Toxic Dinoflagellate Blooms**. Elsevier/North-Holland. USA. p 199-202
- * Romero-Vargas M.P. (1995). Metales pesados y su fraccionación química en sedimentos de la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. Tesis de Maestría. **Universidad Autónoma de Baja California**. Ensenada, B.C. Mexico. 49 pp.
- * Ryley J.P. y Chester R. (1989). **Introducción a la Química Marina**. AGT Editor. México, D.F. 459 pp.
- * Santamaria del Angel E. y Millan-Nuñez R. (1991). Variación de la estructura fitoplanctónica en Puerto Don Juan, Bahía de los Angeles, Baja California. **Ciencias Marinas**. 17(2):1-24.
- * Sañudo-Wilhelmy S. A., Morales-Yañez A., Vargas-Flores J.A. (1984). Contaminación Fecal en la Bahía de Ensenada, Baja California, México. **Ciencias Marinas**. 10 (1) 7-17
- * Sathyendranath S., Platt T., Stuart V., Irwin B.D., Velhuis M.J.W., Kraay G.H., Harrison W.G. (1996). Some bio-optical characteristics of phytoplankton in the NW Indian Ocean. **Marine Ecology Progress Series**. 132:299-311.
- * Secretaría de Marina. (1974). **Estudio Geográfico de la Región de Ensenada, B.C.** Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo. 465 pp.
- * Secretaría de Marina (1991). **Aspectos Técnicos y Administrativos de la Contaminación Marina en la Bahía de Todos Santos, B.C.** Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada. Ensenada, B.C. 26 pp.
- * 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.
- * Segovia-Zavala J.A., Rivera-Duarte I., Del Valle-Villorín F.J. (1988). Efectos de desechos orgánicos en las zonas adyacentes a los efluentes en bahía de Todos Santos: Nutrientes. **Ciencias Marinas**. 14(1):81-94.
- * Smayda T.J. y Shimizu Y. (1993) **Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea**. Elsevier. Netherlands. 952 pp.
- * Snoeyink (1990). **Química del Agua**. AGT. México.
- * Sournia A. (1995). Red Tide and Toxic Marine Phytoplankton of the World Ocean: an inquiry into biodiversity. En: Lassus P., Arzur G., Denn E.E., Gentien P. y Baut C.L. (Eds.) **Harmful Marine Algal Blooms**. Lavosier. N.Y. p. 103-112.
- * Steeman-Nielsen E.(1978) Über quantitative. Untersuchung Von Marine plankton mit Utermohl umgekehrten Mikroskop. J. En: A.Sournia (Ed.) **Phytoplankton Manual**. UNESCO, Paris. 88-96.
- * Steidinger A.K. y Davis T.J. (1967). **Phytoplankton part 1 (Dinoflagellates)**. Florida Board of Conservation. Division Salt Water Fisheries. Marine Laboratory., Florida.30 pp.
- * Strickland J.D. y Parsons T.R. (1972). A practical handbook of seawater analysis. **Bull. Fish. Res. Bd. Canada**, 167 pp.
- * Thompson G.B. y Ho, J. (1981). Some effects of sewage discharge upon phytoplankton in Hong Kong. **Marine Pollution Bulletin**. 12 (2):168-173

- * Tomas C.R., Daniel G., Baden G.D. (1993). The influence of phosphorus source on the growth and cellular toxin content of the bentic Dinoflagellate *Prorocentrum lima*. En: Smayda T.J. y Shimizu Y. (Eds.) **Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea**. Elsevier. Netherlands. p.565-570.
- * Torres-Moye G. y Acosta-Ruíz M.J. (1986). Algunas propiedades químicas indicadoras de eventos de surgencias costeras y de la corriente subsuperficial en un área cercana a Punta Colonet, Baja California. **Ciencias Marinas**. 12(3):10-25.
- * Utermöl H. (1958). Zur Vervollkommung der qantitiven Phytoplankton-Methodik Mitt. int. Ver. Theor. Angew Limnol. En: A.Sournia (Ed.). 1978. **Phytoplankton Manual**. UNESCO, Paris. p. 88-96.
- * UNESCO (1978). **Phytoplankton Manual**. A. Sournia (Ed.) Paris. 337 pp.
- * Valtonen T., Alasaarela E., Kankaala P., Kaski M.L. (1978) The plankton community and phytoplankton zooplankton relationships in the northern botnian bay. **Finnish Marine Research**. No. 244:127-136.
- * Vilicic D., Krsinic F., Caric M., Jasprica N., Bobanovic S., Mikus J. (1995). Plankton and Hydrography in a moderately eutrophicated eastern Adriatic bay (Gruz Bay). **Hydrobiologia** 304:9-22.
- * Yamaji I. (1977). **Illustrations of the marine plankton of Japan**. Hoikusha Publishing Co.109pp
- * Zingone A., Casotti R., Ribera M.A., Scardi M., Maino D. (1995). St. Martin's Summer': The case of an autum phytoplankton bloom in the Gulf of Naples (Mediterranean Sea). **Journal of Marine Plankton Research**. 17(3):575-593.
- * Zeitzschel B. (1978). The quantity, composition and the distribution of suspended particulate matter in the gulf of California. In: A. Sournia (Ed.) **Phytoplankton Manual**. UNESCO, Paris, p. 69-74.