





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE.

|                        |    |
|------------------------|----|
| Introducción           | 1  |
| Antecedentes           | 5  |
| Área de Estudio        | 8  |
| Mapa de,               | 10 |
| Batimetría de,         | 11 |
| Material y Métodos     | 12 |
| Estaciones de Muestreo | 15 |
| Resultados             | 16 |
| Gráficas,              | 20 |
| Análisis de Resultados | 33 |
| Dendrogramas           | 42 |
| Conclusiones           | 46 |
| Recomendaciones        | 49 |
| Bibliografía           | 51 |

## INTRODUCCIÓN

El océano posee un número de características que son representativas de la cinética o formas potenciales de energía renovable: gradientes de temperatura y salinidad, biomasa, olas, corrientes y vientos. Las principales áreas de producción biológica en los océanos son las aguas superficiales, especialmente las regiones costeras (GESAMP, 21, 1984).

Se considera que en las costas del Pacífico mexicano se dan las condiciones favorables para una elevada producción biológica, puesto que recibe una doble influencia de las corrientes oceánicas: de la del sur de junio a diciembre y de la del norte de enero a mayo, además de una angosta plataforma continental que favorece a las surgencias (Otero, 1980). Por ello, este extenso litoral cuenta con diversos sitios que representan un potencial pesquero y turístico, cuya preservación es importante desde el punto de vista ecológico y económico.

Situada entre las costas de Jalisco y Nayarit, Bahía de Banderas basa su economía en el turismo. Es considerada como uno de los polos más grandes y populares de México por aquellos que buscan playas de arena dorada, rincones insólitos y una vegetación exuberante. Sin embargo, la expansión de las ciudades ha provocado últimamente perturbaciones graves en las aguas

costeras del lugar y en la fauna, debido a las diversas actividades humanas que se realizan en sus márgenes, llegando a ser considerada como una zona en riesgo de desequilibrio ecológico (Dirección General de Informática, Secretaría de Pesca, 1987).

Cantidades ilimitadas de sustancias potencialmente dañinas han sido y están siendo liberadas hacia el medio ambiente marino, usualmente fuera del control de cuerpos regulatorios nacionales o internacionales, sin considerar la capacidad del medio para recibir dicha sustancia (GESAMP, 16, 1982). La contaminación causada por el continuo vertimiento de aguas residuales sin un tratamiento previo, es un riesgo para el desarrollo de las actividades pesqueras y recreativas.

La evaluación de la capacidad del medio para recibir una sustancia determinada se debe hacer considerando la suerte de la sustancia en el medio y la posibilidad de que poblaciones humanas o el ecosistema marino (o parte de él) deba recibir cantidades o concentraciones de la sustancia a niveles nocivos para la salud humana (GESAMP, 19, 1983). Por ello, es importante comprender los procesos bióticos y abióticos para predecir los cambios en cada uno de los componentes, así como sus posibles efectos en los organismos. Cualquier interrupción de un ciclo normal físico y ecológico debe ser medido, monitoreado y controlado (Gauham, 1981).

Los ecosistemas están dotados de una gran capacidad para asimilar y purificar la mayor parte de los productos que llegan a ellos. Concretamente, el océano representa el último receptáculo de los desechos creados por el hombre, ya que tanto directa como indirectamente van a para a su seno todas las sustancias que han tenido que ver con él (GESAMP, 11 y 12, 1980).

Que el mar tiene de por sí un poder depurador es evidente, ya que si así no fuera, el cúmulo de desperdicios y de contaminación de todas clases hubiera sido enorme, ya antes de nuestro tiempo. Para mantener el equilibrio del medio natural, lo realmente importante es no aportar al ecosistema una contaminación mayor que la que es capaz de asimilar, evitando romper el equilibrio entre el material contaminante y la capacidad de depuración.

Es así como la existencia de una contaminación produce una reacción en cadena. Cuando la sustancia contaminante tiene una acción inhibitoria o tóxica sobre el medio ambiente, hace que las poblaciones naturales que se desarrollaban en aquel lugar dejen de hacerlo y por tanto su acción depurante sobre otros agentes disminuye. Por este encadenamiento causa-efecto, pueden aniquilarse totalmente zonas de costa con una repercusión activa y directa sobre la economía de los océanos (GESAMP, 13, 1982; GESAMP, 23, 1985).

Es por ello que se hace necesario el racionalizar su uso y explotación, en medida de la capacidad que cada sistema tenga para resistir los embates de la contaminación. Hoy día, existe una mayor protección al medio ambiente, con leyes que regulan las actividades contaminantes, en base a ciertos parámetros fisicoquímicos y biológicos. Sin embargo, aún falta mucho para poder garantizar su correcta aplicación, debido a la enorme flexibilidad de los criterios de aplicación, los que permiten calificar como sistemas no contaminados a los que en realidad presentan una elevada concentración de productos nocivos y que por no estar contemplados ciertos parámetros en las normas de tolerancia, son despreciados, dejando, con ello, que se sigan vertiendo al medio sin control alguno. No es necesario ver los efectos de la contaminación o esperar a que un sistema muera para poder decir que si está siendo contaminado.

## ANTECEDENTES

Los trabajos realizados hasta el presente sobre la bahía son pocos: en 1975, González advierte como van cambiando las condiciones medioambientales, debido principalmente a las actividades humanas, llegando a predecir serios cambios en la calidad del agua y riqueza faunística. La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (Inédito, 1975), realizó un estudio referente a la contaminación que se causa por el aporte de aguas con una elevada concentración de contaminantes a través de los ríos que desembocan a ella.

Loyo (1981), dió la caracterización de la comunidad planctónica, con sus observaciones sobre el fitoplancton, determinando la ubicación de los florecimientos. Gómez; en el mismo año, dió la composición cuali-cuantitativa del zooplankton, su distribución y abundancia, llegando a caracterizar masas de agua en función de algunos indicadores biológicos.

Gaviño (1981), reconoció la posibilidad de eventos de impacto ambiental, ocasionados por la contaminación urbana y los nuevos asentamientos, así como por el tráfico recreativo por sus islas, islotes y arrecifes.

Díaz, F., (1981), investigó la diversidad y la densidad

de la comunidad de peces de la costa noreste, estableciendo que las familias y especies identificadas coinciden notablemente con las reportadas para los estados de Nayarit y Sinaloa, aunque aduce que la zona es medianamente productiva y poco uniforme en relación a la diversidad, concluyendo que falta mucho por hacer para formar una idea global de la situación de la ictiofauna de la Bahía.

En 1983, se retoma el problema de la contaminación, y es la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos quien pone en práctica un programa llamado "Sistema Nacional de Monitoreo" para controlar la contaminación de los Ríos y fuentes de Agua que desembocan en la Bahía, encontrando resultados alarmantes en lo que se refiere a parámetros bacteriológicos y nutrientes inorgánicos (Inédito, SARH, 1983).

Finalmente, la Secretaría de Marina realizó un monitoreo de la calidad del agua de la Bahía, encontrando, al igual que la SARH, que las más severas fuentes de contaminación son los Ríos Ameca, Pitillal y Cuale, así como las descargas de aguas residuales de la zona hotelera y urbana que son vertidas con un deficiente tratamiento.

El objetivo de éste trabajo fue el determinar la variación espacio-temporal de las condiciones físicas, químicas y biológicas de Bahía de Banderas, apoyandose en los resultados

de los parámetros practicados, con el fin de relacionarlos con las normas de calidad del agua de nuestro país, propuestas en la legislación vigente de SEDUE, tratando así de establecer la calidad actual del agua de la Bahía.

## ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de Banderas se sitúa entre los estados de Jalisco y Nayarit a 20°40' de latitud norte y 105°30' de longitud oeste. Es una bahía abierta de 1,037.5 kilómetros cuadrados - aproximadamente (Gómez, 1981). Se delimita al norte por Punta Mita, Nayarit; al sur por Cabo Corrientes, Jalisco; al oeste por las Islas Marietas, Jalisco y al este por estribaciones de la Sierra Madre Occidental que alcanzan más de 2,000 metros sobre el nivel del mar (Fig. 1). El litoral sur presenta acantilados altos y macizos montañosos, mientras que al norte existen planicies y lomeríos.

Experimenta mareas mixtas, recibiendo influjo de la Corriente de California en otoño e invierno y de la contracorriente Norecuatorial en primavera y verano (Gómez-Páez, 1981). Su configuración permite la existencia de numerosas playas de interés turístico así como la existencia de instalaciones portuarias.

Las curvas batimétricas muestran un carácter accidentado, carente de plataforma en su margen sur y suroeste, en donde se alcanzan profundidades de 400 metros a corta distancia de la playa. Hacia el centro y sur de la bahía se hunde bruscamente en un cañón de más de 1,000 metros de profundidad; en cambio,

en la parte norte las pendientes son menos pronunciadas y las aguas menos profundas a tan corta distancia del litoral (Fig. 2).

El cañón define dos zonas claramente distintas; la norte, con características de estuario y en la que se sitúa el puerto y la sur, más abierta y profunda, con propiedades netamente influenciadas por las aguas oceánicas.

El sistema hidrográfico se compone, de norte a sur, por los ríos Compostela, Ixtapa, Huicicila, Ameca (el cual sirve como división política entre los estados de Jalisco y Nayarit), Mascota, Pitillal, Cuale, Mismaloya y Horcones, además de diversos arroyos temporales (SARH, 1983).

Su clima es considerado como subtropical principalmente, aunque en el verano se define como tropical. En invierno predominan los vientos del noreste y en el verano los del oeste y suroeste.

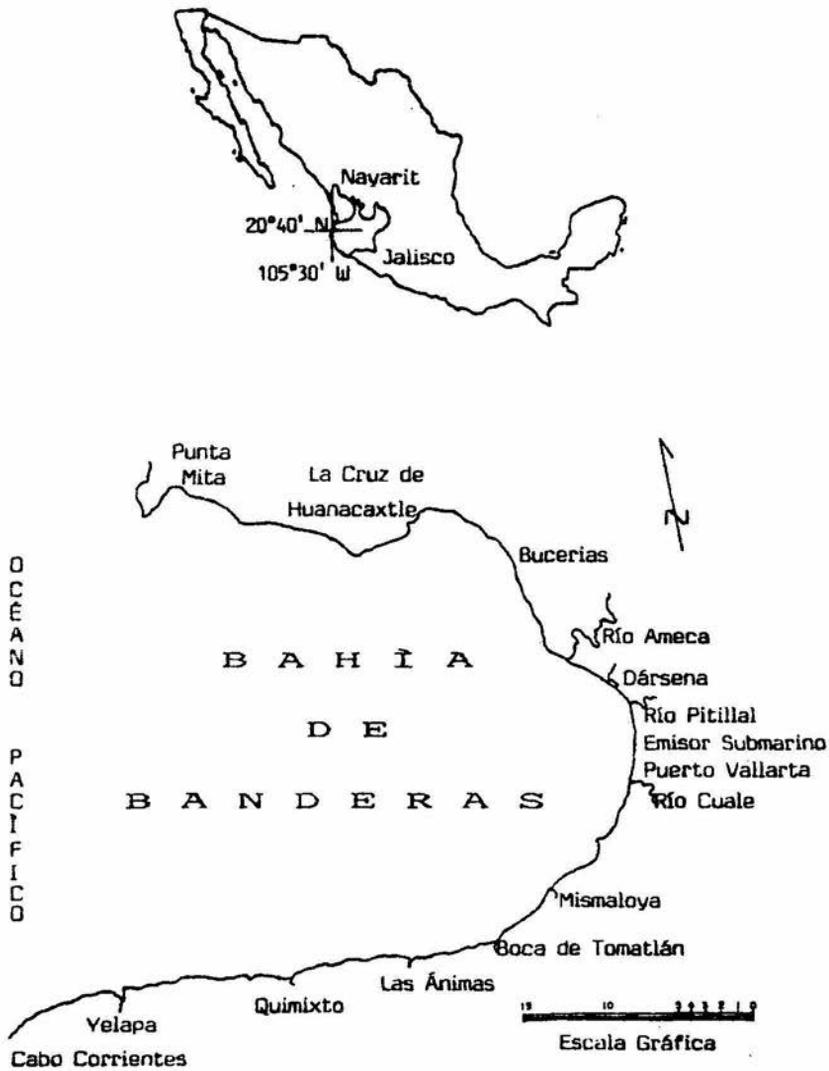


FIGURA 1. Área de Estudio. Bahía de Banderas y poblados de mayor relevancia en sus márgenes.

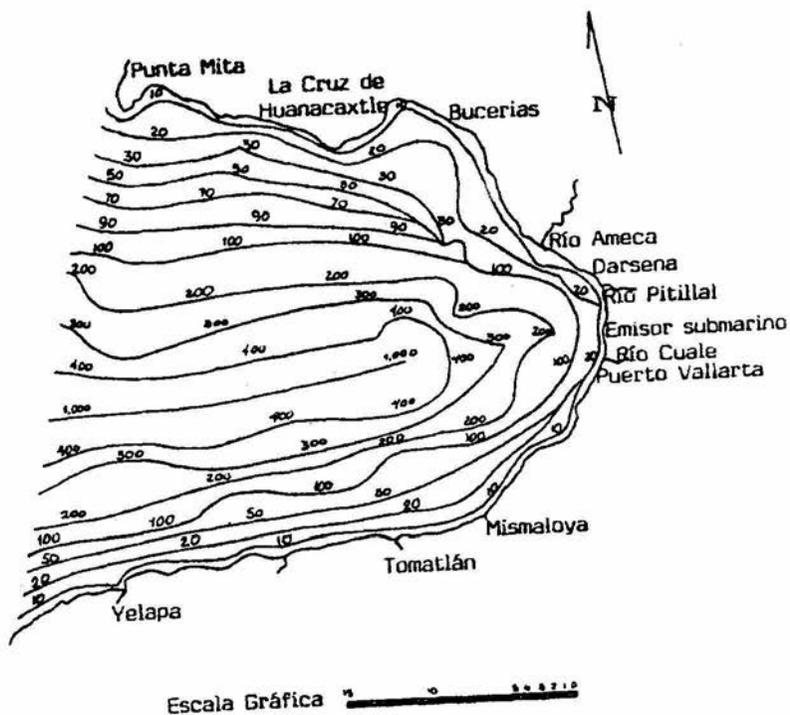


FIGURA 2. Batimetría de Bahía de Banderas. Las isóbatas presentadas en la figura, muestran como máxima profundidad los 1,000 metros, aunque hay reportes con más de los 1,000 metros. Sus pendientes son más pronunciadas en la parte sur que en la norte.

## MATERIAL Y METODOS

Desde septiembre de 1987 hasta agosto de 1988, se realizaron 12 muestreos mensuales en las estaciones indicadas a continuación, mismas que se representan en la figura 3: 1-Punta Mita; 2-La Cruz de Huanacaxtle; 3-Bucerías, dos zonas con una considerable población; 4-Río Ameca, sitio de introducción de agua dulce durante todo el año; 5-Darsena, zona donde se localizan las instalaciones portuarias así como marinas y fondeaderos turísticos; 6-Río Pitillal, cuyo cauce es utilizado generalmente como un canal de descarga de los poblados aledaños a sus márgenes; 7-Emisor Submarino, área de vertimiento de las aguas negras del poblado de Puerto Vallarta; 8-Río Cuale, con una problemática similar al Río Pitillal. Son estas tres estaciones las de mayor aporte de desechos domésticos hacia la bahía, ya que presenta el mayor número poblacional y de instalaciones turísticas; 9-Mismaloya; 10-Boca de Tomatlán, dos lugares un tanto alejados de los servicios municipales y con una zona hotelera igualmente activa; 11-Yelapa, pequeño poblado turístico solo accesible por mar y aire; el resto de las estaciones, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19, representan la parte central de la bahía y se situaron relativamente alejadas de la influencia terrestre, de manera activa.

La determinación de los parámetros físico-químicos y

biológicos se realizó de la siguiente manera: la temperatura y el oxígeno disuelto se midieron in situ con un aparato YSI, modelo 54 (ARC. SCI. Prod.  $\pm 0.5^{\circ}$  C), el pH a través del analizador portátil HACH, Drel 5; la salinidad se obtuvo con un salinómetro American Optical ( $\pm 1^{\circ}/\text{oo}$  S). Todos estos parámetros se determinaron de acuerdo a los criterios de la American Public Health Association (APHA, 1981). La transparencia de acuerdo a Margalef (1977), con el disco de Secchi.

Una vez obtenidas las anteriores mediciones, se tomaron muestras de agua de superficie en frascos de plástico para ser analizados en el laboratorio; las muestras se etiquetaron, marcaron y se guardaron en hielo para su transporte. A cada una se le determinó el contenido de nitratos, nitritos, fosfatos en su forma orto, nitrógeno amoniacal y la demanda bioquímica de oxígeno; de acuerdo a APHA, op. cit.

Los nitratos se determinaron por medio de la técnica de sulfuro ferroso; el nitrógeno por Nessler; el fosfato por reducción a la forma orto y la demanda bioquímica de oxígeno a través del método de botella oscura. Todos estos, se midieron con la ayuda del analizador portátil HACH, Drel 5 (1986).

Además, se tomaron muestras en frascos de vidrio esterilizados para la cuantificación de bacterias coliformes de los

grupos total y fecal, empleando la técnica de fermentación en tubos múltiples (APHA), en una serie de tres diluciones de 5 tubos cada una para la obtención del Número Más Probable (NMP).

El estudio del fitoplancton fue cualitativo, en base a su composición principal. Su obtención se realizó mediante la técnica de arrastre (Margalef, 1977), con una red estándar de 60 micras de abertura de malla. El trabajo de laboratorio se basó en las estimaciones de la comunidad, partiendo de alicuotas y extrapolando al total de la muestra. La nomenclatura se basó en revisiones previas realizadas en áreas del Golfo de California (Bareiro, 1967; Gosner, 1975; Brusca, 1973; Altamirano, 1984; Nienhius, 1984 y Becerril, 1985).

El análisis de los datos obtenidos se realizó trabajando con valores promedio por estación de muestreo, así como por épocas del año. La parte fina del análisis se efectuó aplicando el método de distancia cordal para la construcción de dendrogramas con valores de disimilitud, siendo la raíz cuadrada de 2 el 100% de disimilitud.

Con la formación de los grupos de los dendrogramas que caracterizaron los diferentes cuerpos de agua a lo largo del estudio, se calificó la calidad del agua en base a los criterios propuestos por SEDUE (SEDUE, 1988) para estos tipos de cuerpos.

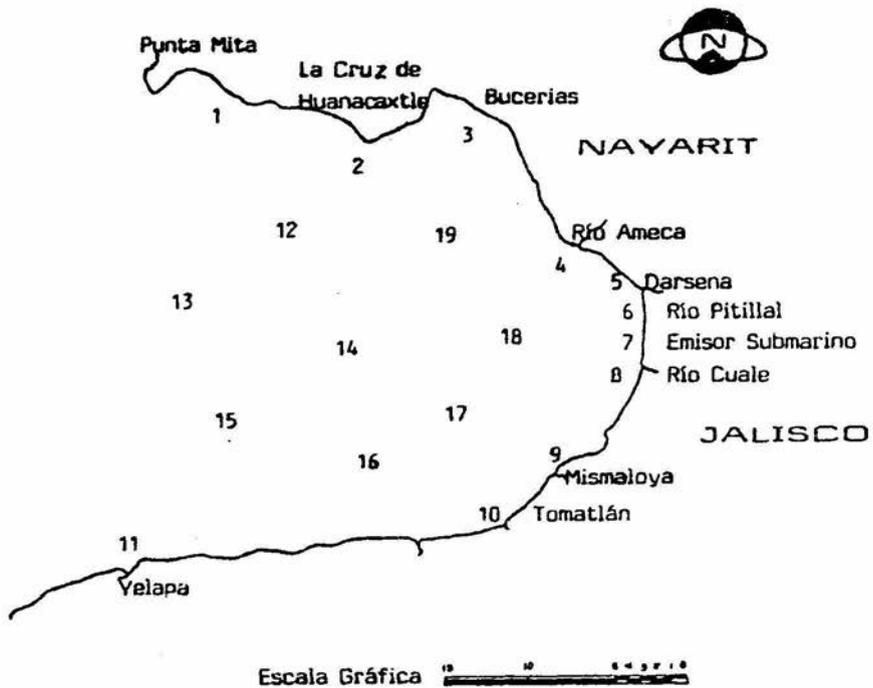


FIGURA 3. Estaciones de Muestreo. La distribución de las estaciones de muestreo se determinó con el fin de cubrir la mayor área posible. Las localizadas en la zona adyacente a la costa marcan los puntos de mayor problema.

## RESULTADOS

La variación de los parámetros físicos, químicos y biológicos se ha representado gráficamente para cada época de muestreo (Figs. 4 a 16). De la observación de las mismas, para cada parámetro puede deducirse lo siguiente:

Temperatura. En superficie las temperaturas variaron de 23°C en invierno a 30°C en verano. El registro por estación, señaló un máximo de 33°C en agosto para las estaciones 5 y 19, mientras que en febrero, la estación 6 indicó 23°C (Fig. 4).

Salinidad. Considerando la distribución superficial de la salinidad, se puede apreciar la disminución de los valores para las estaciones 9, 11, 13, 14, 15 y 16 durante el verano, con mínimos de 33‰ y máximos en otoño para las estaciones 5, 6 y 7 con 35‰ registrados en diciembre (Fig.5).

pH. Se registró un valor de 8 como promedio general para la Bahía, siendo el mes de junio el de menor valía con 7.2 en la estación 7 (Fig. 6).

Oxígeno Disuelto. Las concentraciones fueron bajas en invierno y verano con 6.2 y 5.9 mg/lt, respectivamente, en las estaciones 1, 5, 14 y 15. En octubre se presentaron los máximos valores con 7.9 mg/lt en la estación 6. Notese la

disminución rápida en septiembre (Fig. 8).

**Demanda Bioquímica de Oxígeno.** El valor promedio se dió en el mes de abril para la estación 4 con 0.85 mg/lt y el mes de junio presentó el mayor registro de 5.2 mg/lt en la estación 7 (Fig. 9).

**Nutrientes.** Los nitratos en otoño presentaron sus valores más altos de 0.09 mg/lt; En octubre se detectó el máximo registro de 0.79 mg/lt para la estación 5. En el centro de la Bahía, asociados a un gran volúmen de agua oceánica, durante los meses de octubre y noviembre se encontraron valores de 0.00 mg/lt en las estaciones 12 a 17 (Fig. 12).

**Nitritos.** Los nitritos, que se presentan como una etapa intermedia de la descomposición biológica de compuestos que contienen nitrógeno orgánico, alcanzaron su máximo en primavera con 0.35 mg/lt. En enero se observó una concentración de 0.11 mg por lt en la estación 4. La homogeneidad de la parte central se manifestó de nueva cuenta al encontrar los menores registros, durante el mes de mayo con 0.01 mg/lt (Fig. 11).

**Amonio.** El amonio también presentó una distribución irregular con valores de 0.00 mg/lt en la parte central de la Bahía durante el mes de junio, mientras que en abril, se alcanzaron concentraciones de 0.63 mg/lt en la estación 9 (Fig. 13).

Fosfatos. Los fosfatos, importantes para el desarrollo de los organismos, alcanzaron en octubre un máximo de 0.69 mg/lt en la estación 4, mientras que en la primavera se registraron 0.08 mg/lt en las estaciones 10 y 19. (Fig. 10).

Plancton. El plancton presentó típicamente dos picos importantes: uno en otoño con aumento de diatomeas y otro en la primavera por parte de los dinoflagelados, los que en abril presentaron una gran densidad, constituyendo un fenómeno semejante a una marea roja, el cual ha sido reportado en otras regiones del Golfo de California por diversos autores, así como en las costas de Jalisco por Blasco, 1974 y Otero, 1980. La mayor concentración de dinoflagelados se dió en las estaciones 9, 10, 11 y 12 durante los meses de abril y mayo. Entre las especies más importantes de fitoplancton se encontraron las siguientes: Nitzschia loggissima, N. seriata, Navicula sp. y Rhizosolenia sp.

Por parte del zooplancton Gonyaulax sp. y Gymnodinium sp principalmente por los dinoflagelados, además de un gran número de copepodos calanoideos y ciclopoideos.

Bacteriología. Durante el verano se encontró la mayor concentración promedio de coliformes, tanto del grupo total como del fecal, con valores de 560 NMP/100 ml y 533.3 NMP respectivamente. En agosto se alcanzaron los 1,100 NMP/100 ml de fecales en las estaciones 5 y 6 además de 2,400 NMP/100 ml

de totales en las estaciones 6 y 8. Los valores menores se registraron en los meses de diciembre, enero y julio en las estaciones del centro de la Bahía para ambos grupos (Figs. 14 y 15).

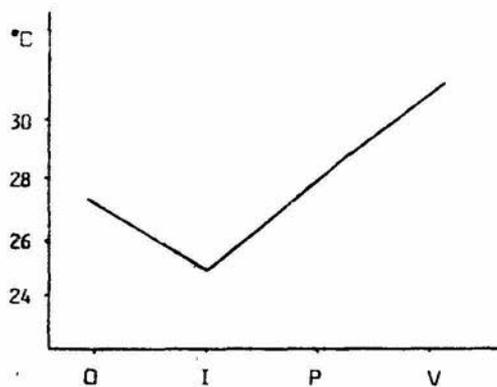
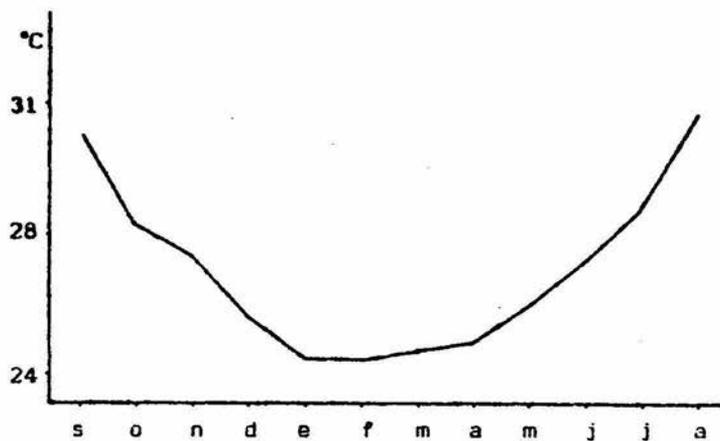


FIGURA 4. Variación mensual y estacional de la temperatura en la Bahía de Banderas.

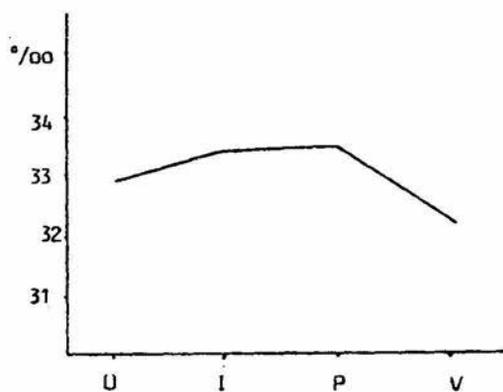
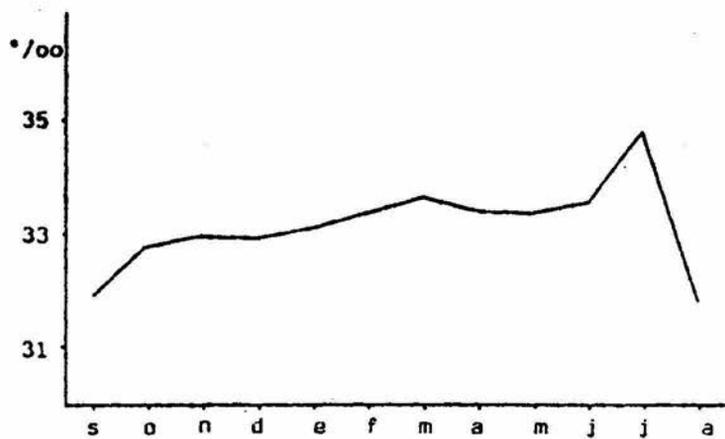


FIGURA 5. Variación mensual y estacional de la salinidad en la Bahía de Banderas.

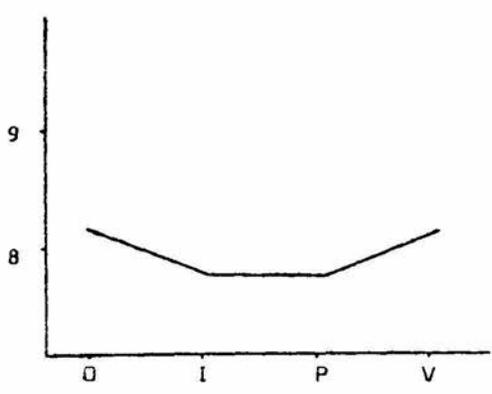
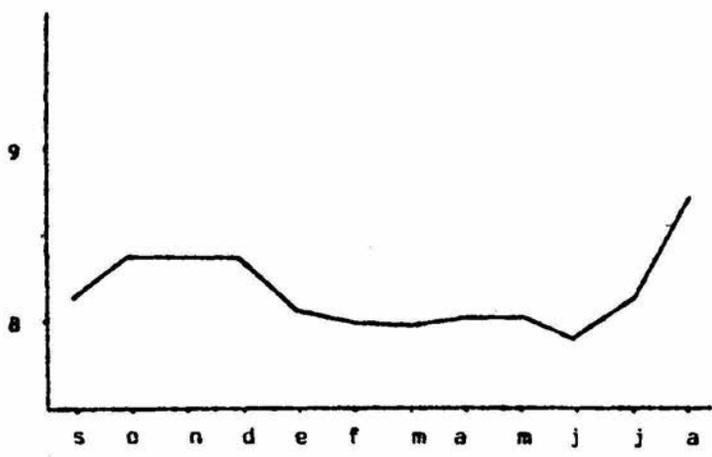


FIGURA 6. Variación mensual y estacional del pH en la Bahía de Banderas.

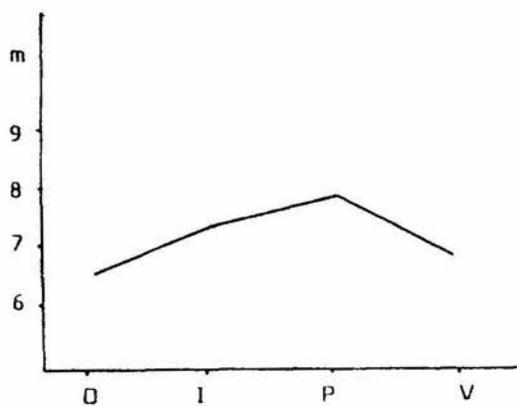
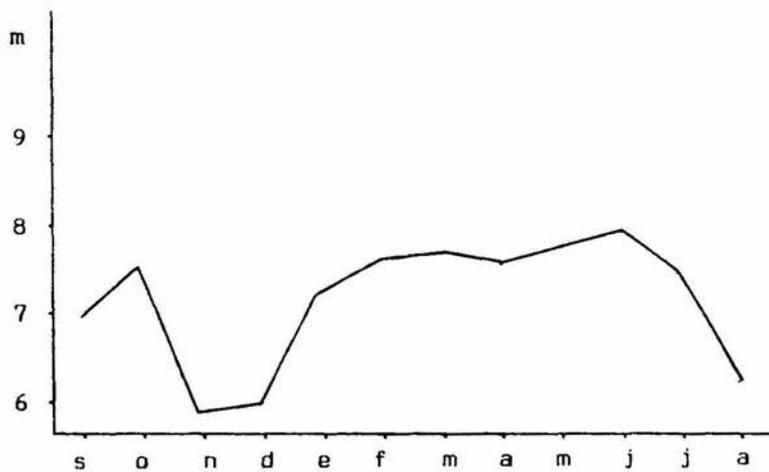


FIGURA 7. Variación mensual y estacional de la Transparencia para la Bahía de Banderas.

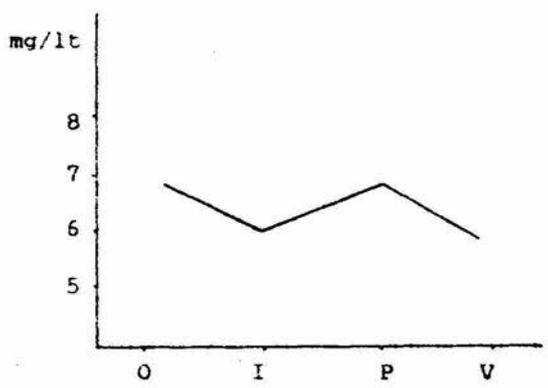
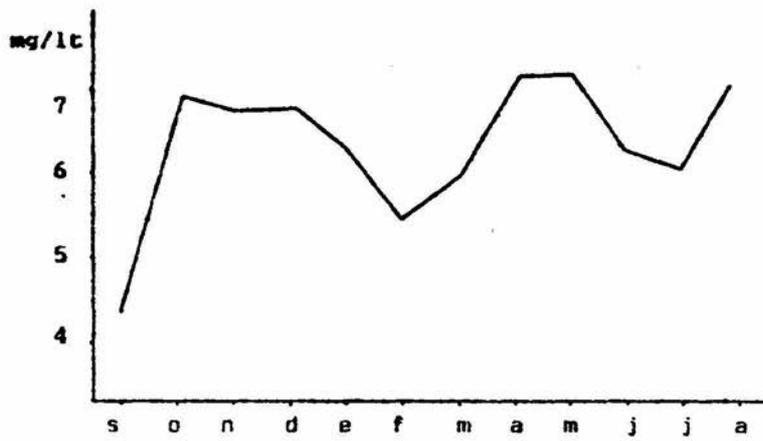


FIGURA 8. Variación mensual y estacional del Oxígeno Disuelto en la Bahía de Banderas.

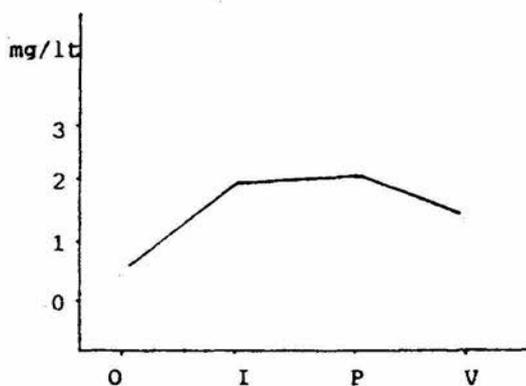
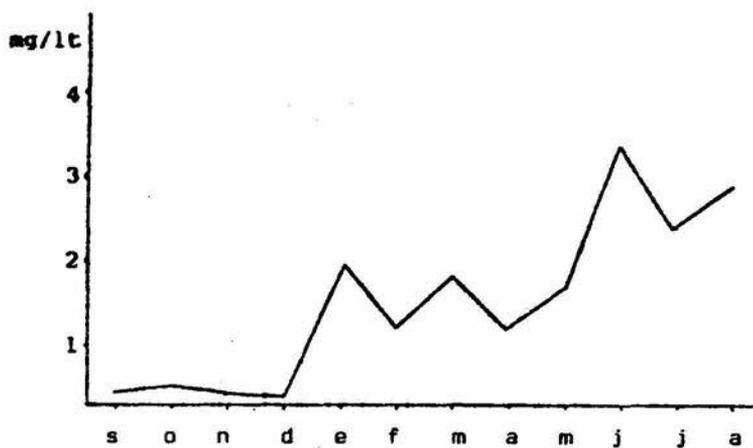


FIGURA 9. Variación mensual y estacional de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en la Bahía de Banderas.

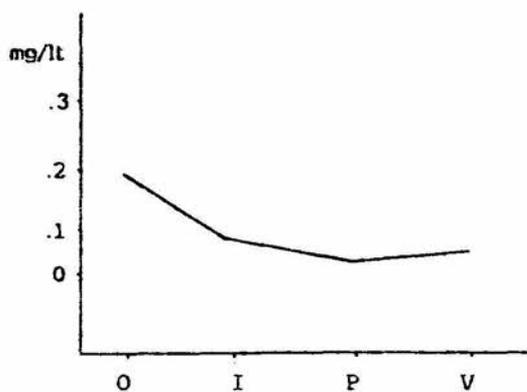
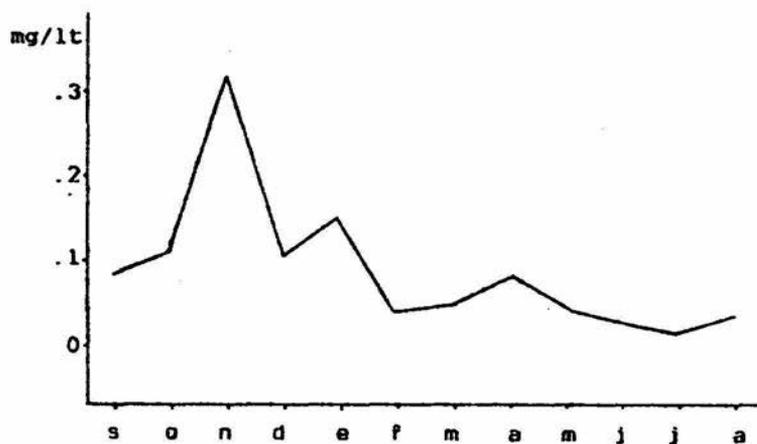


FIGURA 10. Variación mensual y estacional de los Fosfatos en la Bahía de Banderas.

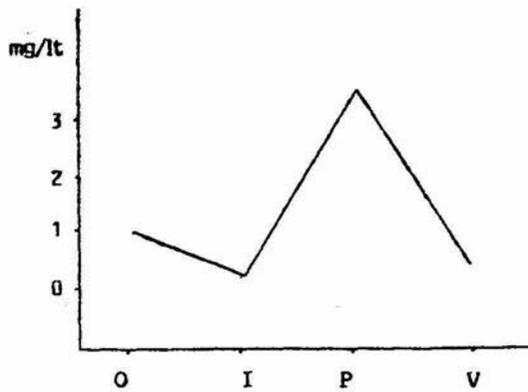
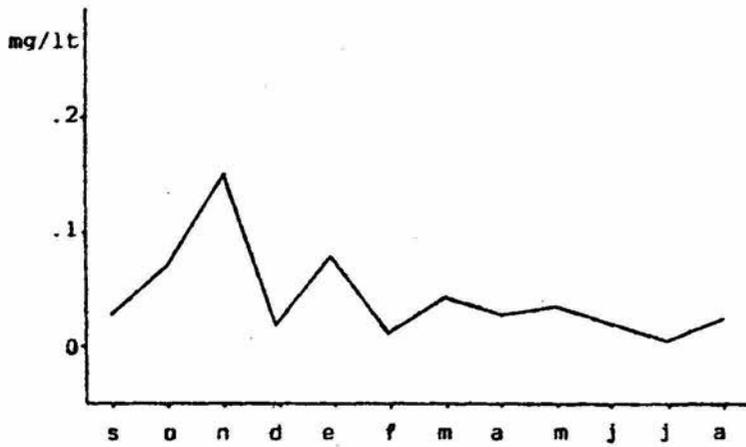


FIGURA 11. Variación mensual y estacional de los Nitritos en la Bahía de Banderas.

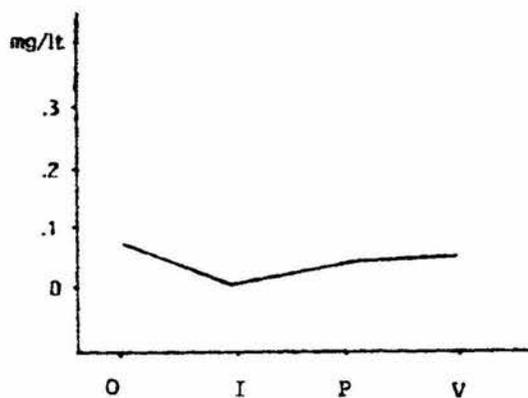
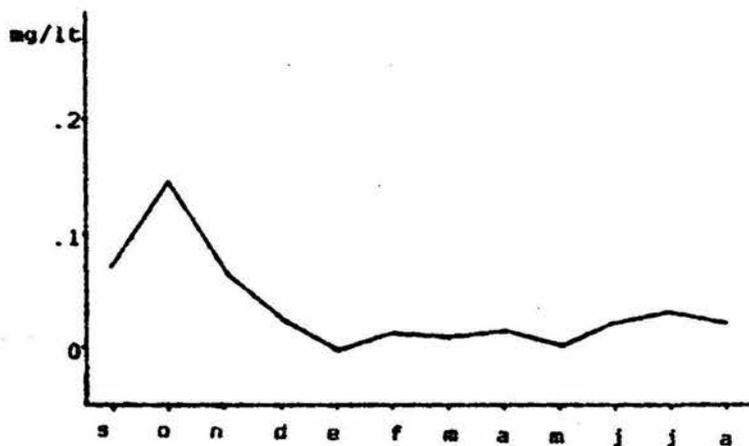


FIGURA 12. Variación mensual y estacional de los Nitratos en la Bahía de Banderas.

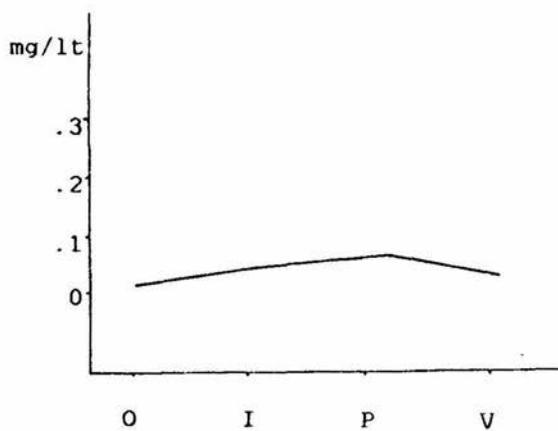
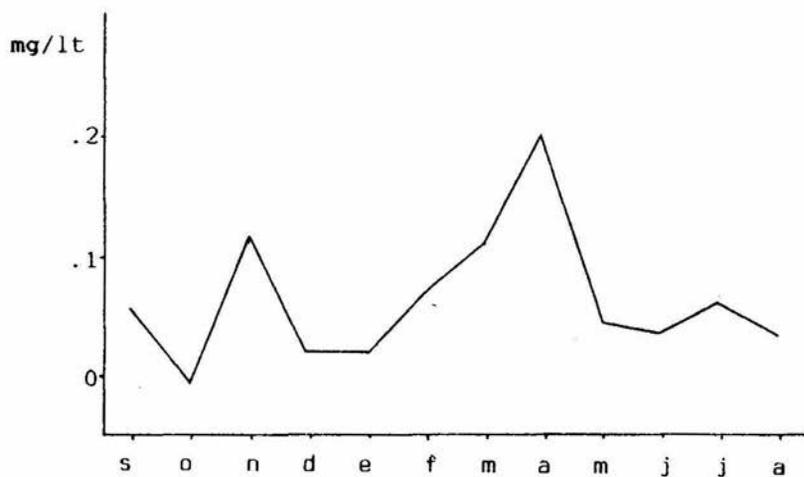


FIGURA 13. Variación mensual y estacional del Amonio en la Bahía de Banderas.

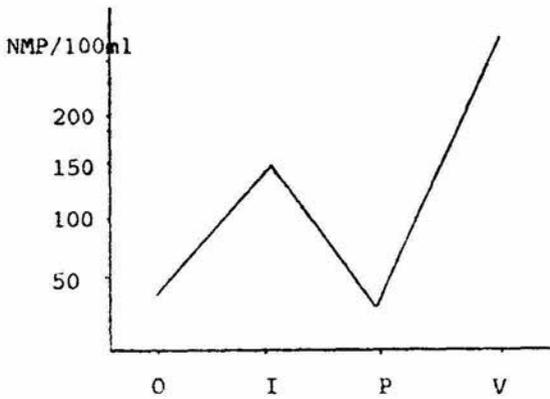
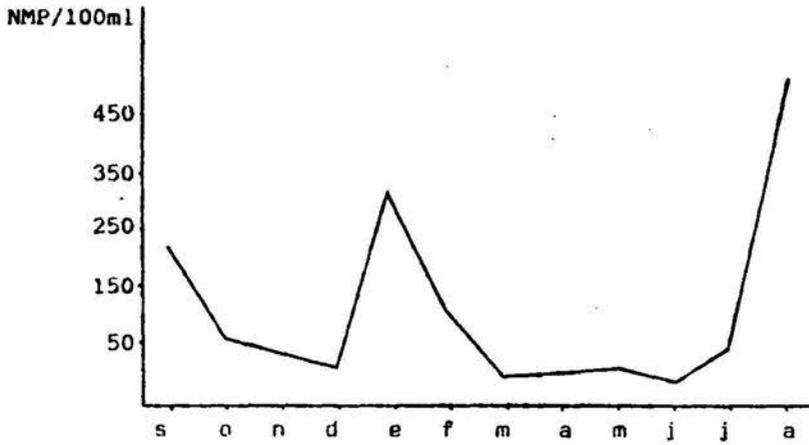


FIGURA 14. Variación mensual y estacional de Coliformes Totales en la Bahía de Banderas.

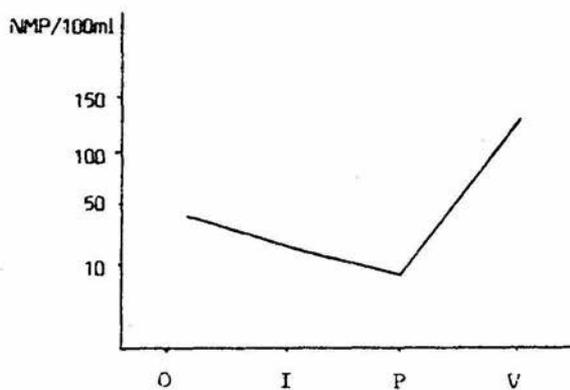
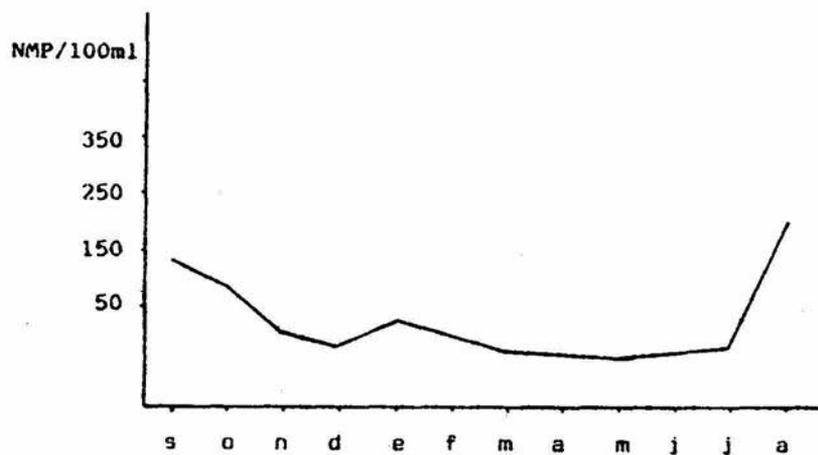


FIGURA 15. Variación mensual y estacional de Coliformes Fecales en la Bahía de Banderas.

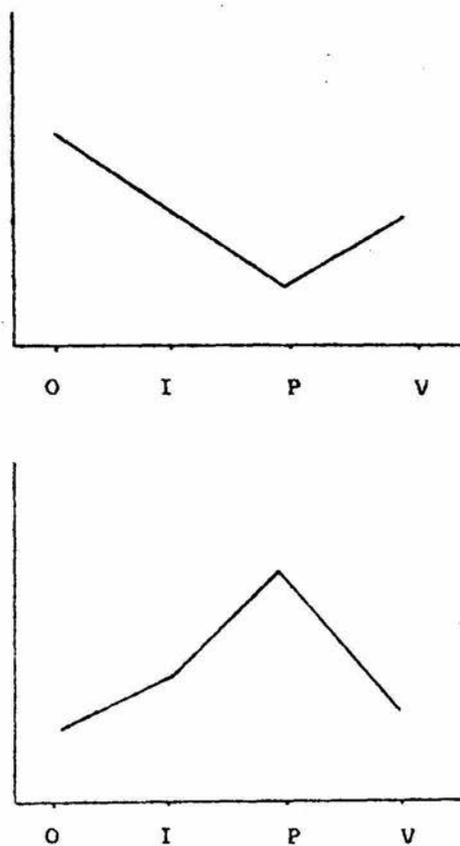


FIGURA 16. Variación mensual y estacional en la concentración de organismos Fitoplanctónicos y Zooplanctónicos en la Bahía de Banderas.

## ANALISIS DE RESULTADOS

El análisis estadístico basado en el coeficiente de similitud para las distintas combinaciones entre estaciones de muestreo, formó dendrogramas que describen, de manera general, las agrupaciones más sobresalientes de acuerdo a los diversos compuestos fisicoquímicos y biológicos.

A partir de los trabajos realizados en la bahía por González (1975), se reconoce el hecho de la heterogeneidad en la distribución espacial de los factores medioambientales, además de los efectos ocasionados por el vertimiento de sustancias nocivas al mar.

Otoño. Durante esta época se inició la disminución de la temperatura en el agua, que se acompaña con la entrada de la Corriente de California (Otero, 1980; Gómez, 1981). Es importante, para el mejor entendimiento de este trabajo, tomar en cuenta que durante todo el año se observa un patrón de circulación local de sur a norte de la bahía, en sentido inverso a las manecillas del reloj, por lo que en muchos aspectos condiciona el comportamiento de áreas determinadas.

La zonación de la bahía en esa época, dio 4 grupos. El grupo formado por las estaciones 1 y 12 a 19, presentó una

concentración de nitratos por debajo de la sensibilidad del analizador, mientras que para otras zonas se presentaron valores altos, debido en gran parte a la renovación del agua con la corriente entrante. La actividad biológica también fue una característica de esta zona, ya que alcanzaron valores bajos de organismos coliformes (Fig.17 ).

Sin embargo, en la zona B, formada por las estaciones 2, 10 y 11 se presentó un elevado número de organismos fitoplanctónicos, sobre todo en la parte sur (Cyanophyta y Chlorophyta, principalmente). La zona C, con las estaciones 3, 4 y 7 se caracterizó por presentar una mayor temperatura, en comparación con el resto. Los registros de fosfatos fueron altos, como producto de la introducción de aguas residuales parcialmente oxidadas o de reciente ingreso a través del Emisor Submarino y del Río Cuale.

El grupo de las estaciones 5, 6, 8 y 9 que formaron la zona D, registraron las más altas concentraciones de salinidad y de nitratos, así como de materia orgánica, debido en gran parte al suministro de los Ríos Mismaloya, Cuale y Pitillal. El oxígeno disuelto fué bajo y los organismos coliformes presentaron un considerable incremento, alcanzando su máximo en agosto.

Invierno. En invierno la Bahía presentó un cambio considerable al convertirse en el hogar temporal de numerosos tu-

rístas extranjeros, provenientes de regiones frías. Para ésta época, se encontraron 4 zonas (Fig. 18). Las estaciones 2, 4, 5, 7 y 8 de la zona C, ubicadas frente a la faja urbana y Hotelera, denotaron un aumento de colifomes, permitiendo con ello el primer pico de importancia para estos organismos, lo que permite inferir el vertimiento de aguas negras parcialmente tratadas.

La zona A, con las estaciones 1 y 12 a 19 siguió un patrón acorde a la época con bajas temperaturas, además registró altos valores de salinidad, una baja densidad fitoplanctónica en relación con otras zonas. La zona B manifestó un incremento del zooplancton sobre el fitoplancton, lo que en las estaciones 3 y 6 disminuye, siendo lo mas sobresaliente para esta época.

Primavera. La primavera marca el incremento en la temperatura del agua, sobre todo en el mes de mayo. Es entonces que las condiciones medioambientales marinas vuelven a modificarse con la entrada de la Corriente Norecuatorial (Gómez, 1981), además de ser el periodo de mayor sequia. Durante el mismo, solo el Río Ameca presentó un flujo continuo de agua, los restantes Ríos permanecieron completamente secos, solo humedecidos por las descargas clandestinas industriales y domésticas.

De nueva cuenta se distinguieron cuatro grupos (Fig. 19). La ya bien definida por las estaciones 12, 13, 14, 15, 16, 17,

18 y 19 localizada en la parte central de la Bahía, con una influencia netamente oceánica, siendo la menos afectada por los aportes continentales. Los registros marcan cero coliformes tanto totales como fecales.

El grupo B, estaciones 1, 9, 10 y 11 se vió condicionado por un importante crecimiento de organismos zooplanctónicos (copépodos, ostrácodos, quetognatos, hidrozoarios, entre otros), disminuyendo el fitoplancton, como respuesta al decremento de las concentraciones de nutrientes, además del pastoreo. Se elevaron las concentraciones de nitrógeno amoniacal y de nitritos, como resultado de la gran cantidad de productos de excreción.

El oxígeno disuelto se acrecentó, junto con la demanda bioquímica, que decreció, para las estaciones 2, 3, 4, 5 y 7 de la zona C, debido muy probablemente al aporte de aguas residuales que se realizan por el Emisor Submarino y, que por efectos de transporte y circulación, son acarreadas hasta esa parte. Finalmente, la zona D, caracterizada por la poca penetración de luz que señaló el Disco de Secchi, presentó una elevada concentración de nitritos, debido al aporte de las corrientes y su influencia como acarreadoras.

Es importante señalar que hasta la fecha son escasos los trabajos sobre corrientes y mareas en la Bahía, siendo importante estos tipos de estudios para una mejor comprensión

Verano. El verano representa la mayor variación del año, debido a las abundantes lluvias registradas y que reviven a los ríos, diferenciando masas de agua oceánica y la de estos. Con estos eventos, típicamente se establece una termoclina que restringe la circulación vertical, delimitando de esta manera el intercambio de nutrientes que vienen del fondo (Weihsaupt, 1984), y que se manifestó en ciertas áreas.

Se formaron cinco zonas (Fig. 20). La zona A, con las estaciones 1, 2 y 12 a 19, caracterizadas por la baja concentración de nutrientes, los que fueron utilizados por el fitoplancton al comienzo del verano, el que consumió grandes cantidades de fósforo (Wickstead, 1979; Loyo, 1981; Hernandez, 1985). La concentración de organismos fué baja en las estaciones 5 y 11, así como el decremento en el abastecimiento de sustancias utilizables para el mantenimiento de las actividades fitoplanctónicas. No se manifestó el reciclaje de nutrientes del fondo, tal vez por el fenómeno de la termoclina, aunque esto no se determinó.

Pero las lluvias no solo provocaron la interrupción del ciclo de nutrientes. La zona E, tuvo la particularidad de presentar el valor más sobresaliente del año de trabajo en relación a los coliformes, puesto que registró concentraciones por arriba de la tolerancia establecida. La utilización de los ríos como drenes de aguas residuales es notoria.

Las dos restantes zonas, C con valores bajos de salinidad y la B, con abundante materia orgánica, no presentaron mayor variación, a excepción de los valores registrados al final del verano que indicaron un incremento de nutrientes, sobre todo en el fósforo. Una característica de este intercambio se da con los vientos que provocaron marejadas u oleajes fuertes, lo que ayuda al intercambio.

Es así como queda demostrada la variación espacio temporal de masas de agua que interactúan en la bahía de Banderas. Algunos investigadores han intentado, recientemente, definir las relaciones medioambientales con la contaminación del sistema, valiéndose de los factores cuali-cuantitativos principales que marca la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, SEDUE, en su "Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas" (SEDUE, 1988), aunque los resultados que presentan no sean los verdaderos, ni mucho menos su calificación.

Los criterios de calificación son los siguientes, de manera general:

- |          |   |
|----------|---|
| CLASE C1 | USDS. Cultivo de mariscos para consumo directo y áreas de acuicultura y todos los demás usos. |
| CLASE C2 | USDS. Recreación con contacto primario y todos los demás usos excepto C1.                     |

- CLASE C3      USOS. Usos recreativos sin contacto primario y todos los demás usos excepto los anteriores.
- CLASE C4      USOS. Explotación pesquera de especies de escama y todos los demás usos excepto los anteriores.

Con los resultados obtenidos, podemos establecer un criterio de calidad para cada época y zona registrada durante el año de estudio.

Sin lugar a dudas, la zona central de la bahía que se formó con las estaciones 12 a 19, presentó características muy por debajo de los niveles de tolerancia, correspondiéndole un criterio general de C1, libre de problemas de contaminación aparentemente.

En otoño, la zona D, con las estaciones 5, 6, 8 y 9, alcanzó una concentración alta de organismos coliformes y materia orgánica, correspondiendo a una clase C2. Para el resto de la bahía se establece una clase C1. La zonación presentada se debió a la actividad biológica del plancton y a algunos nutrientes que no presentaron, según el cuadro clasificador, niveles peligrosos de contaminación.

En el invierno, de nueva cuenta los organismos coliformes alcanzan una concentración elevada, diferenciando la zona formada por las estaciones 2, 4, 5, 7 y 8 del resto, alcanzando una clase C2. Aunque en enero se dió una concentración

de coliformes que la colocaron en la categoría C3. Las zonas restantes presentaron un nivel C1.

Para la primavera, en toda la bahía se clasifica como C1, aunque en las estaciones 2, 3, 4, 5 y 7 de la zona C se registraron concentraciones de importancia en cuanto a nutrientes que indicaron la introducción reciente de aguas de desecho, pero que están por debajo de los niveles de tolerancia y son despreciados. Sin embargo, esta época es la de menor actividad poblacional y poca influencia de aguas de los ríos por ser la de mayor estiaje.

En el verano, con las lluvias aumenta el volumen de agua dulce y los ríos vuelven a fluir con un caudal importante lavando todo aquello que estuvo depositado en la época de estiaje. Se continúa vertiendo en ellos todos los desperdicios domésticos e industriales. Nuevamente se registró un elevado número de coliformes en la zona formada por las estaciones 3, 6 y 8, colocandola en una clase C2. La clasificación de las restantes zonas corresponde a la clase C1.

No obstante al aporte de contaminantes al medio y sin lugar a dudas de que el crecimiento poblacional se incrementa, llegando a destruir la flora y fauna adyacente a la franja urbana, el problema de la calidad del agua en Bahía de Bandejas es serio y requiere de acciones serias. Lamentablemente

la legislación vigente es muy ambigua. Por ejemplo, los resultados obtenidos en este trabajo, muestran concentraciones elevadas de nitratos y fosfatos, como resultado de la introducción de aguas residuales con un parcial tratamiento. Por ello, se podría clasificar como cualquier otro tipo, menos Cl, pero los parámetros no son considerados y solo importan aquellos derivados de pesticidas y otros compuestos, principalmente.

Es así como se siguen amparando todos aquellos que realizan vertimientos, porque la ley permite un amplio rango y no considera aquellos compuestos que se desprenden de estas actividades y que realmente causan problemas a corto plazo. Es necesario corregir estos errores.

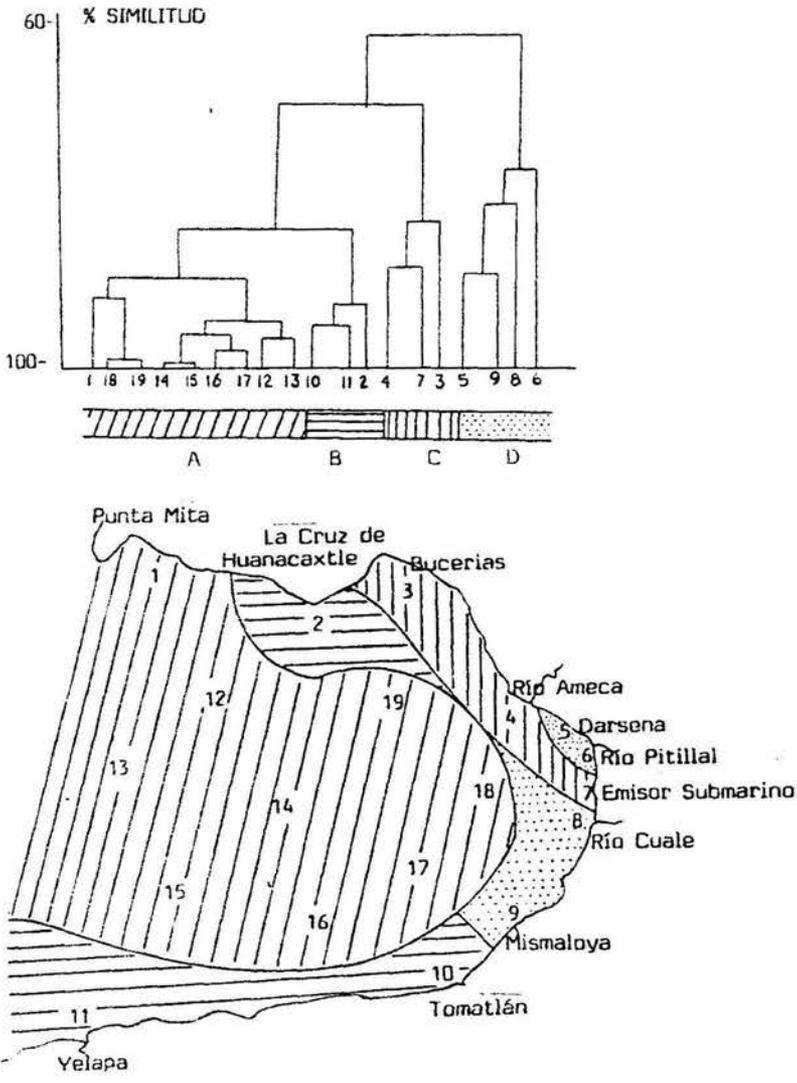


FIGURA 17.- Dendrograma y mapa de ubicación de las zonas conformadas en la Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit durante el Otoño.

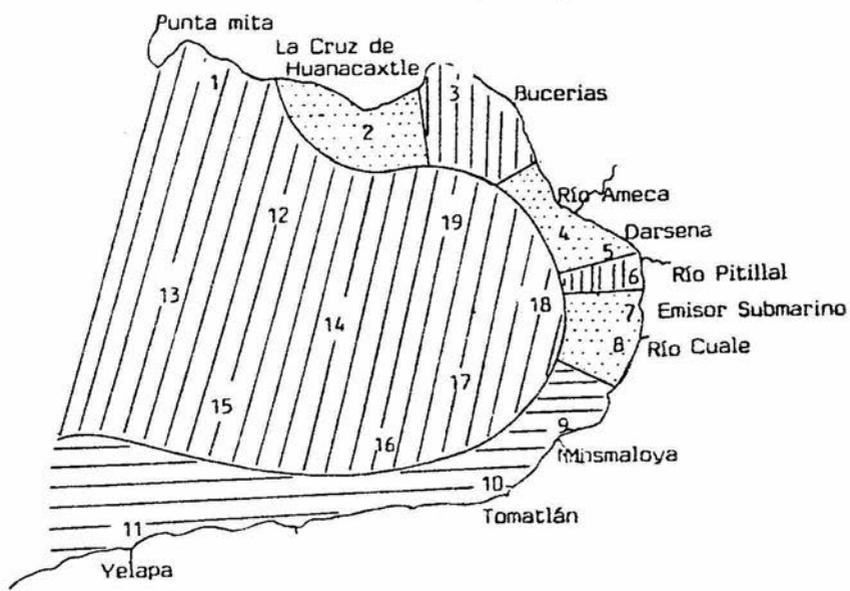
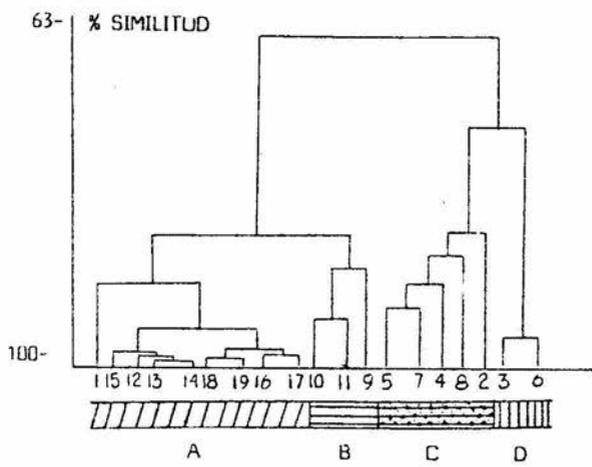


FIGURA 18. Dendrograma y mapa de ubicación de las zonas conformadas en la Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit durante el Invierno.

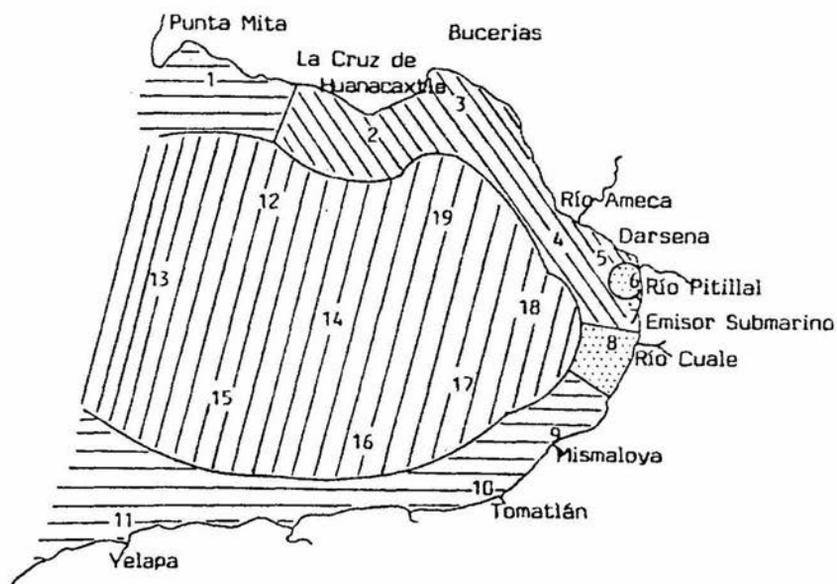
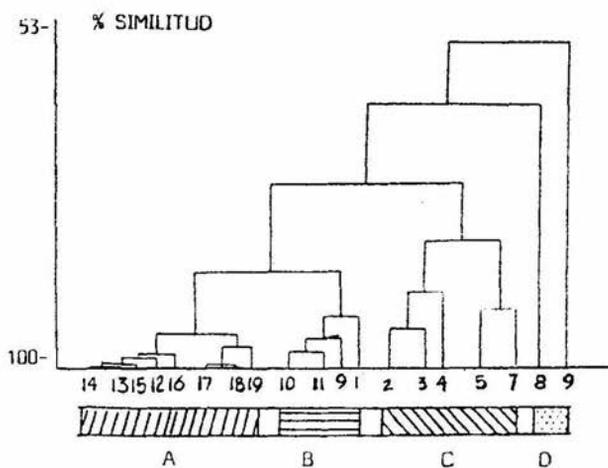


FIGURA 19. Dendrograma y mapa de ubicación de las zonas conformadas en la Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit durante la Primavera.

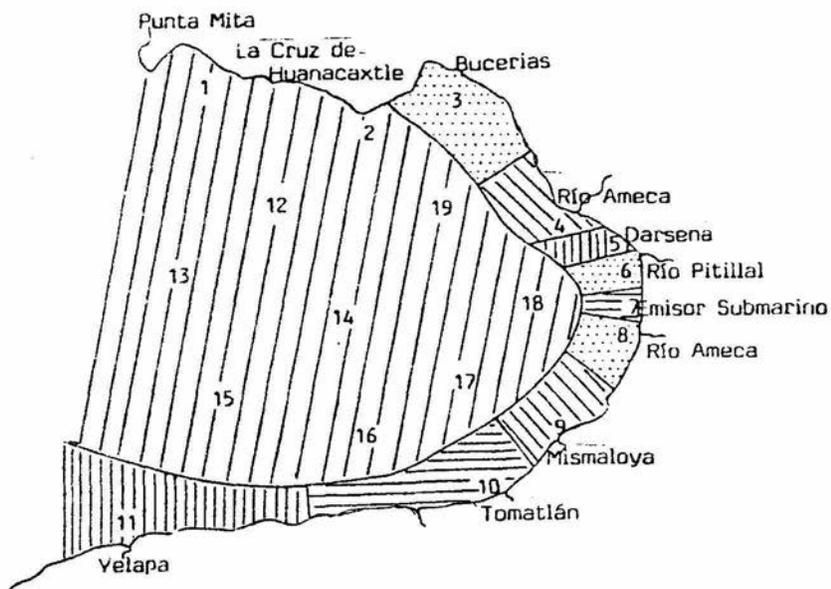
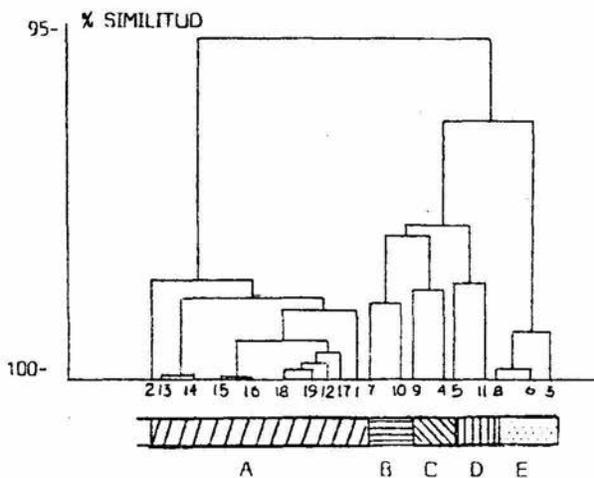


FIGURA 20. Dendrograma y mapa de ubicación de las zonas conformadas en la Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit durante el Verano.

## CONCLUSIONES

La contaminación registrada en Bahía de Banderas resulta preocupante. El principal problema se da en la aplicación de los criterios de calidad propuestos, teniendo como consecuencia, una tremenda tolerancia para la clasificación de la legislación nacional.

Es que, en general, la mayor parte de los planes de ordenación del litoral adolecen de un problema común; falta de conocimiento de los fenómenos que allí tienen lugar. Es difícil solucionar un problema si se desconoce con anterioridad el estado actual que ha alcanzado la acción de un contaminante sobre el sistema. En realidad pocos países en el mundo conocen bien el ecosistema marino.

A pesar de los trabajos realizados en la zona, no son suficientes para identificar los problemas que allí se presentan, debido a que buena parte de ellos se basan en visitas esporádicas a la zona. Es imprescindible seguir paso a paso sus modificaciones y conocer sus respuestas a los distintos estímulos externos.

El crecimiento industrial, la expansión turística y la explotación desaforada de los recursos naturales, amenaza

la vida de las especies que la habitan. Su ecosistema se ve constantemente alterado por factores externos introducidos por el hombre, que no atiende al movimiento natural de las comunidades marinas ni a la dinámica de las aguas.

El área con mayor problema de contaminación o introducción de sustancias contaminantes es aquella adyacente a poblados y hoteles, es decir, la zona urbana. Además, los Ríos son otro problema, porque acarrean todos los desperdicios de los poblados alejados de la costa. Así lo demuestran los resultados, identificando las estaciones de los Ríos Cuale, Pitillal, Emisor Submarino (prácticamente Puerto Vallarta), como el área de mayor introducción de sustancias contaminantes a la Bahía. Ya en trabajos anteriores, estas zonas fueron separadas por la misma razón.

Al no existir un control estrecho sobre el tratamiento que reciben las aguas residuales de los hoteles, se permite con ello el vertimiento de las mismas casi directamente de los depósitos contenedores al mar. Tal vez es necesario a esperar a que el sistema muera para poner atención a las actividades que destruyen los ecosistemas. En gran parte, porque la legislación en materia no regula como debe ser, por no ser concisa.

Por ser mal conocida no ha podido evaluarse su importancia como recurso. Sus componentes principales no han sido identificados ni cuantificados adecuadamente, lo que trae como consecuencia un desconocimiento del lugar.

No debemos considerar a los mares como simplemente objetos de lectura o diversión, sino como un aspecto real y enormemente importantes en nuestras vidas contemporaneas. Son especialmente significativos por su potencial para ayudarnos a alejar el hambre mundial, para surtir muchos de nuestros mermados recursos minerales, para mejorar el comercio y la comunicación con otras gentes y para encontrar las respuestas a muchos de los secretos de la naturaleza.

Por ello, tienen la capacidad de llenar muchas de las necesidades urgentes de la sociedad. Mas nosotros tenemos la capacidad de alterar permanentemente muchas de las características del medio marino y de alterar así las vidas de las criaturas que sustenta. Nuestro mayor desafío no es cosechar las ganancias del mar; es decidir cómo utilizar mejor los océanos en una forma en que no se destruyan la abundancia y la belleza que encontramos.

## RECOMENDACIONES

Estos resultados por sí solos no pueden aclarar las posibles relaciones que pudieran existir entre los organismos y el medio, o más aún, entre las distintas zonas encontradas. Es necesaria la realización de trabajos de otro tipo que ayuden a dilucidar las causas de las correlaciones encontradas. La hidrografía de la bahía necesita ser estudiada a fondo con investigaciones completas. Durante el año se presentan dos fenómenos importantes, como lo son la entrada de las corrientes de California y la Norecuatorial, las que alteran varios factores medioambientales y que sería de gran utilidad su estudio para su aprovechamiento.

Pocas áreas dentro de la República se ven favorecidas por aportes tan importantes de agua marina, como esta bahía, de ello se desprende la importancia de adecuar técnicas de acuicultura y maricultivos que enriquezcan el comercio de la región. Aparte de la zona problema de Puerto Vallarta, existen otras aptas para esos propósitos.

El turismo es importante para el desarrollo económico de una región, por lo tanto, debe actuarse con mayor seriedad, no exponiendo a una muerte segura a la fuente de trabajo, como lo es la bahía, para muchos. Regular las actividades nocivas

es tarea de autoridades y prestadores de servicios, para así asegurar el futuro del ecosistema. Usar adecuadamente el mar, en sus diversos aspectos, y aprovechar racionalmente sus recursos se ha vuelto una necesidad.

## BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, B. (1983): "The Gulf of California." In: B.K. Ketchum Ed. Estuaries and Enclosed Seas. Elsevier Pub. Co. 427-449. USA.
- American Public Health Association, (1981): "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater." Print. U.S.A.
- Barreiro, G. (1967): "Contribución al Conocimiento de los Dinoflagelados del Golfo de California, México." Tesis Prof. Fac. Ciencias, UNAM.
- Blasco, D. (1974): "Red Tide in the Upwelling Region of California." Limnol. Ocean., 22 (2). 225-263.
- Brusca, R. (1973): "A Handbook to the Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California." Univ. Arizona Presszona Press.
- Cabañas, J. (1987): "Oceanografía de la Bahía de la Coruña." Bol. Inst. Esp. Oceanografía, 4 (1) 21-28.
- Gobierno Municipal, Puerto Vallarta, Jal., (1978): "Plan de Ordenación de la Zona Conurbada." Comisión de Conurbación de la Desembocadura del Río Ameca.
- Cortéz A. (1984): "Mareas Rojas Producidas por el Ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohmann) en el Área Litoral de Mazatlán, Sinaloa, México." Biótica 9(3)259.
- Díaz, F. (1981): "Estudio de la Estructura, Densidad y Diversidad de la Comunidad de Peces de la Costa Noroeste de la Bahía de Banderas, Nayarit." Simp. Latinoamericano de Oceanografía. Acapulco, México.
- Gaughan, P. (1981): "Metodología de Muestreo de Sedimentos Para la Obtención de Datos Químicos y Biológicos con relación a la Contaminación Marina." CICESE, Sept. '81. Informe Técnico OC-81-02 Ensenada, Méx.
- Gaviño, U. (1981): "Distribución, Población, Época de reproducción de las aves de las Islas Tres Marietas, Jal. Méx." An. Ins. Biol. UNAM, 51(80) Serie Zoológica (1).

- González, G. (1975): "Estudio de la calidad del Agua de la Bahía de Banderas." Tesis Fac. Química, UNAM.
- Gómez, P. (1981): "Observaciones sobre el Zooplancton de Bahía de Banderas [20°40' N, 105°30'] México." Mayo Simp. Latinoamericano de Oceanografía, Acapulco, Méx.
- Gosner, K. (1971): "Guide to Identification of Marine and Estuarine Invertebrates." A Wiley Interscience Pub. New York.
- GESAMP-IMCO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP (1980): Joint Group of Experts on The Scientific Aspects of Marine Pollution. "Marine Pollution Implications of Coastal Area Development." Reports and Studies (11).
- (1980): "Monitoring Biological Variables Related to Marine Pollution." Rep. and Studies (12).
- (1980): "Monitoring Biological Variables Related to Marine Pollution." Rep. and Studs. (12).
- (1982): "Scientific Criteria for the Selection of Waste Disposal Sites at Sea." Rep. and Studs. (16).
- (1983): "An Oceanographic Model for the Dispersion of Wastes Disposed of in the Deep Sea." Rep. and Studs. (19).
- (1984): "Marine Pollution Implication of Ocean Energy Development." Rep. and Studs. (20).
- (1985): "Interchange of Pollutants Between the Atmosphere and the Oceans." Rep. and Studs. (13).
- (1985): "Interchange of Pollutants Between the Atmosphere and the Oceans." Rep. and Studs. (23).
- (1986): "Environmental Capacity: An Approach to Marine Pollution Prevention." Rep. and Studs. (80).
- Hernández, B. (1985): "Estructura del Fitoplancton del Golfo de California." Cienc.Mar. 11(2) In Press.
- Loyo, R. (1981): "Observaciones Sobre el Fitoplancton de Bahía de Banderas, Nayarit, Jalisco, México." VII Simposium Latinoamericano de Oceanografía Biológica, Acapulco, México.
- Margalef, R. (1977): "Ecología." Segunda Edición. Omega Esp.

- Newell, G. (1979): "Marine Plankton." A Practical Guide. London Hutchinson.
- Nienhius, H. (1984): "Manual Para la Identificación del Plankton del Golfo de California." Parte I, Diatomeas. CICIMAR, México.
- (1984): "Manual Para la Identificación del Plankton del Golfo de California." Parte II, Dinoflagelados.
- Otero, D. (1980): "Ciclo Estacional de la Producción Primaria en la Bahía de Chamela, Jalisco, México." Simposium Latinoamericano de Oceanografía, Acapulco, México.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, (1975): "Estudio de la Calidad del Agua en la Bahía de Banderas." Inédito, Reporte Técnico. Puerto Vallarta, Jalisco.
- (1983): "Sistema Nacional de Monitoreo." Inédito, Puerto Vallarta Jalisco.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, (1988): "Reglamento Para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas." Serie Normatividad Ecológica. Num 4
- Secretaría de Marina, (1985-1987): "Monitoreo de la Calidad del Agua en Bahía de Banderas." Inédito. Instituto de Oceanografía de Manzanillo, México.
- Secretaría de Pesca, (1987): "Carta Básica Nacional de Información Pesquera." Dirección General de Informática Estadística y Documentación, México.
- Weihaupt, J. (1984): "Exploración de los Océanos. Introducción a la Oceanografía." Prim. Ed., CECSA, Mex.
- Wickstead, J. (1979): "Marine Zooplankton." Ed. Omega, Esp.