

98  
2 feb



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

## ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS BAHIAS DE MANZANILLO Y SANTIAGO, COLIMA.

EXAMENES PROPEDIACIONALES  
FAC. DE QUIMICA

### TESIS MANCOMUNADA

Que para obtener el título de:

QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO

P r e s e n t a n :

LETICIA SANCHEZ FLORES

ROBERTO VERA MENDOZA

México, D. F.

1985



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 está 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.

## I N D I C E

|   | página |
|---|--------|
| I. INTRODUCCION .....   | 1      |
| II. OBJETIVO DEL TRABAJO .....  | 6      |
| III. GENERALIDADES .....  | 6      |
| IV. METODOLOGIA .....   | 16     |
| - Delimitación del área de estudio y<br>ubicación de las estaciones de muestreo ..... | 16     |
| - Importancia de los parámetros .....   | 16     |
| - Técnicas de trabajo .....   | 26     |
| V. RESULTADOS .....   | 31     |
| VI. DISCUSION DE RESULTADOS .....   | 46     |
| VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....   | 60     |
| VIII. ANEXOS  |        |
| - Anexo I: Tablas   |        |
| - Anexo II: Figuras   |        |
| IX. BIBLIOGRAFIA  |        |

## I. INTRODUCCION

La contaminación del mar se ha incrementado a la par con los asentamientos humanos y las diferentes actividades portuarias turísticas, industriales y comerciales; así como la introducción de sustancias a través de los escurrimientos fluviales.

En general, las fuentes principales de contaminación de nuestros litorales y estuarios se clasifican de la siguiente manera:

Descargas de aguas residuales de núcleos urbanos

Descargas de aguas residuales y otros desechos provenientes de embarcaciones

Escurrimientos fluviales

Desperdicios de las obras portuarias

Derrames accidentales de petróleo y/o sus derivados

La mayoría de nuestras ciudades costeras carecen de la infraestructura adecuada para conducir, tratar y disponer sus aguas residuales, por lo que vierten sus desechos sin tratamiento y sin un análisis exhaustivo del sitio de descarga. La introducción de contaminantes al medio marino se realiza en forma directa mediante los sistemas de descarga del alcantarillado sin control e indirectamente por los escurrimientos pluviales. El vertido de los desechos domésticos, compuestos principalmente por materiales orgánicos y microorganismos, ha originado problemas serios en playas como Acapulco, Mazatlán, Veracruz y en zonas de producción pesquera como las lagunas de Alvarado y Taniabua.

Las embarcaciones comerciales y turísticas vierten al mar aguas residuales, aceites, basuras, petróleo y materiales de dragado, situación manifiesta en los principales puertos como Veracruz, Coatzacoalcos y Tampico, entre otros. Debido a los problemas actuales y potenciales de contaminación del medio marino se consideran como zonas que requieren mayor atención en función de su potencial turístico, comercial y pesquero, condiciones sanitarias y conserva

ción de los recursos naturales existentes: Acapulco, Tampico, Coatzacoalcos, Veracruz, Mazatlán, Manzanillo, Ensenada y Salina Cruz (SEDUE, 1984).

La Contaminación consiste en una modificación, generalmente producida por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca, las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural.

En general y de forma simple se define la Contaminación del Agua como la alteración de su calidad natural por la acción humana, que hace que no sea, parcial o totalmente adecuada para la aplicación o uso a que se destina. Por calidad natural del agua se entiende el conjunto de características físicas, químicas y bacteriológicas que presenta el agua en su estado natural en los ríos, lagos, manantiales, en el subsuelo o en el mar.

Por otra parte, la calidad exigida a un agua es diferente según el uso al que se aplique, puesto que no es lo mismo el suministro de agua potable a poblaciones que el agua necesaria para el mantenimiento de la vida acuática en un río, para el riego o para la producción de energía hidroeléctrica. Por consiguiente, un agua que puede resultar contaminada para un cierto uso puede ser perfectamente aplicable a otro; de ahí que se fijen unos criterios de calidad del agua y en función de ellos unas normas o estándares de calidad (SSA, 1981).

La contaminación de los vertidos urbanos en el mar se produce sólo en las zonas costeras, ya que estos focos no tienen prácticamente incidencia en altamar. Este deterioro de la zona del litoral es muy importante porque afecta a aspectos sanitarios en las aguas costeras y en las playas y a aspectos estéticos, especialmente en estas últimas. Es precisamente la zona costera la que linda con los asentamientos humanos del litoral, con toda la industria turística

ubicada en ella.

Desde el punto de vista turístico, la mayor incidencia corresponde a la contaminación terrestre, sobre todo de tipo hidrológico, procedente de los ríos, emisores submarinos, desagüe de cloacas y vertidos directos desde la costa; aunque puede incidir también la atmosférica o el depósito en el litoral de residuos sólidos. Sus principales efectos nocivos son:

- a) Sobre la salud pública debido a las bacterias patógenas y a la acumulación de alguno de sus elementos en la cadena alimenticia
- b) Sobre los organismos marinos en general
- c) Sobre la estética

Las playas propiamente dichas, se deterioran en su aspecto estético por la presencia de residuos sólidos que son depositados allí por los bañistas, en forma de envases vacíos de cremas, aceites solares y bebidas, papeles, bolsas de plástico flexibles y otros restos semejantes. Puesto que la presencia de bañistas es masiva al final del día, las playas presentan un aspecto de suciedad y desorden lamentable. Las playas se contaminan también por la existencia en las mismas de establecimientos de bebidas y comidas que no reúnen las debidas condiciones de higiene y limpieza.

Finalmente, se puede decir que en las playas puede haber microorganismos (bacterias, hongos, virus) y parásitos, debido a las aguas de la orilla que mojan la arena cuando aquellas están contaminadas por alguna de las siguientes causas o fuentes de posible contaminación:

- a) Vertidos directos a la playa procedentes de torres de apartamentos, hoteles, campamentos, aseQUIAS de riego con aguas residuales. Filtraciones de pozos negros y fosas sépticas
- b) Alcantarillado o colector con vertido directo a costa. Estación depuradora con funcionamiento adecuado pero intermi

tente o continuo pero deficiente o con vertido directo a la playa. Alcantarillado o colector dotado de emisor submarino insuficiente o en mal funcionamiento.

- c) Desembocadura de río o arroyo conteniendo aguas residuales que vierten en las proximidades de la playa.
- d) Vertidos industriales directos a la playa o en sus proximidades.
- e) Vertidos de aguas residuales en acantilados.
- f) Tiraderos incontrolados de residuos sólidos próximos a la playa.
- g) Puerto o dársena en las proximidades.

Esta contaminación origina afecciones en la piel, ojos, oídos y nariz, siendo muy frecuentes las micosis. La contaminación más frecuente es la citada en primer lugar, por lo que es urgente acometer su resolución. En cambio, la mayor contaminación se debe a la segunda causa. (SSA, 1981)

Dentro de las aguas costeras existen diferentes zonas según el uso al que se destinen: zona de baño, zona de cultivo de mariscos, zona de pesca de escama y otras especies, zonas especiales, etc. El presente trabajo se avoca al estudio de la primera de las zonas mencionadas, debido al gran impulso que el turismo ha tenido en los últimos años. Uno de los lugares en el que se ha visto el efecto de dicho impulso es Manzanillo, Col.

Por todo lo anteriormente expuesto, se considera importante conocer la calidad del agua en la zona de baño de las Bahías de Manzanillo y Santiago y saber si reúne las condiciones mínimas necesarias para ser apta como agua de uso recreativo y no afectar la salud de los bañistas.

La Dirección General de Oceanografía de la Secretaría de Marina, a través de la Dirección de Prevención de la Contaminación

Marina, realizó un estudio para la prevención y control de la calidad del agua de las bahías de Manzanillo y Santiago, Col., durante el segundo semestre de 1984. Valiéndose para ello de un equipo interdisciplinario de investigadores, siendo dos de los integrantes los autores de esta tesis.

El estudio se realizó con el objeto de determinar o conocer la calidad general del agua, no sólo por su uso recreativo, sino por los diferentes usos que pueda tener; para ello se analizaron muestras de agua de la superficie y también de niveles más profundos, además de incluir las Lagunas Costeras aledañas a las bahías.

Para la presente tesis, de acuerdo al objetivo que se tiene planteado, se tomaron únicamente los datos del nivel superficial de ambas bahías.



## II. OBJETIVO DEL TRABAJO

Determinar la calidad para uso de recreación con contacto primario de las aguas superficiales de las bahías de Manzanillo y Santiago y saber si el agua de las playas o zona de baño reúne las condiciones mínimas necesarias para no poner en peligro la salud de los bañistas.

## III. GENERALIDADES

Existen pocos estudios sobre la calidad del agua en Manzanillo.

La Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo, realizó en el año de 1973 el Estudio Geográfico de la Región de Manzanillo, Col. que consistió básicamente en un reconocimiento preliminar de las zonas donde se acumulan desechos.

En el área de la Laguna de Cuyutlán se han realizado varios estudios entre los que podemos citar: "Estudio del acarreo litoral frente a la Laguna de Cuyutlán" (SARH, 1974) y "Descripción geomorfológica de la Laguna de Cuyutlán" (Lankford, 1977).

Núñez (1980) realizó un estudio ictiológico determinando la distribución de los peces de acuerdo al gradiente salino y a la frecuencia y abundancia en las capturas, así como aspectos geográficos, geomorfológicos, hidrográficos y climáticos en la citada laguna.

Mena, en un estudio realizado en 1979 llegó a la conclusión de que las condiciones existentes en Cuyutlán propician una baja producción en el sistema.

Otro estudio de la Laguna de Cuyutlán fue efectuado por Ortiz en 1981, determinó los niveles microbiológicos de coliformes y estreptococos fecales. Concluyó que el primer vaso está fuertemente contaminado por aguas negras provenientes de Manzanillo y manifies

ta la necesidad de realizar estudios para abrir una boca al mar, que le proporcione circulación.

Chávez (1983) llevó a cabo un estudio de "Densidad y Biomasa de Individuos Bentónicos en la Bahía de Manzanillo".

En el Instituto Oceanográfico de Manzanillo desde 1982, se han realizado inspecciones visuales de las aguas del Puerto Exterior e Interior, del canal que intercomunica a éstos, de la zona en que se vierten las aguas negras de la ciudad y de las zonas urbanas que colindan con la Laguna de Cuyutlán.

Las Bahías de Manzanillo y Santiago son dos entrantes de mar que de hecho constituyen una sola interrumpida por la Punta Santiago. Están limitadas al Noroeste por Punta Juluapan y al Sur por Punta Ventanas. El Puerto de Manzanillo se ubica al Este de la bahía del mismo nombre y se protege por Punta Ventanas y por medio de un rompeolas.

La zona costera es una faja donde el relieve del suelo sufre una inclinación ligera hacia el mar y posee algunas depresiones donde se forman lagunas litorales. En la zona de contacto entre mar y tierra existen playas arenosas separadas por puntas salientes de material rocoso. La parte montañosa, más que una unidad de topografía abrupta, es un conjunto de pequeñas colinas o lomeríos que al integrarse entre sí forman sierras someras que se extienden en dirección de la costa. La sierra adopta forma semicircular cerrada que dá forma a las bahías de Manzanillo y Santiago, confinadas por dos salientes en sus extremos: Punta Juluapan y Punta Ventanas.

El área es una zona sísmológica importante y por ella cruzan dos fallas de corteza terrestre; la más importante, desde el punto de vista tectónico, es la del fracturamiento Clarión que corre sensiblemente a lo largo del paralelo 19° Norte. Desde 1875 a 1969 se han registrado 38 movimientos sísmicos, los cuales se han

clasificado en cuatro muy fuertes, quince fuertes y diecinueve ligeros. Los principales focos sísmicos están cercanos al puerto; uno se encuentra a 75 Km del puerto mar adentro y presenta un rumbo Este, el segundo a 50 Km al Noreste a una profundidad menor de 60 Km, un foco más se halla al Norte del puerto a 35 Km y también a menos de 60 Km de profundidad. El único foco con profundidad mayor a 60 Km se encuentra 130 Km al Sureste del puerto, sus movimientos telúricos alcanzan magnitudes promedio de 7.8 a 8.5 en la escala de Richter (Figueroa, 1970).

En cuanto a lagunas litorales, en la región existen tres cuerpos de agua que se alimentan de escurrimientos que descienden de la parte montañosa y de filtraciones naturales de agua marina o que intencionalmente se le hace entrar a través de canales artificiales. Las lagunas tienden a desaparecer debido a los asolves que bajan de las partes altas del monte y de una intensa desecación. Por otra parte, en forma dirigida, el hombre transforma paulatinamente las lagunas rellenándolas para aprovechar el suelo y transformándolas en unidades geomórficas diferentes. Debido a sus porcentajes de salinidad variable y fluctuante las lagunas son consideradas como albéferas. La laguna más importante por su dimensión es la de Cuyutlán, localizada al Sur de Manzanillo y su aprovechamiento es principalmente el de la explotación de sal sobre su porción central, la captura de camarón al Oeste y la pesca en toda su extensión (Oseguera, 1967).

La Laguna de San Pedrito, de menores dimensiones que la anterior, se ubica paralela a la costa de la Bahía de Manzanillo y se ha utilizado para desarrollar la dársena portuaria. La laguna se dividió en dos partes por el camino de circunvalación a la primera sección del puerto y la porción más al Norte, en época de sequía queda prácticamente sin agua debido a que el alcantarillado y la cimentación del camino impiden el paso libre del agua del mar hacia adentro.

La Laguna de Juluapan es la más reducida, se encuentra en el extremo Oeste de la Bahía de Santiago. Aunque no recibe gran aportación de agua marina, su proximidad al océano le permite captar agua por infiltración. A la fecha es el cuerpo de agua mejor conservado en sus condiciones naturales y es poco explotado. Por su ubicación y características puede considerarse un lugar recreativo debido a su fácil conexión a la Bahía de Santiago.

La zona portuaria está sujeta al clima tropical lluvioso, con lluvias en verano, siendo el más seco de los cálidos subhúmedos. Existen variaciones locales, sobre todo en Punta Ventanas donde el clima adquiere un carácter isotermal (oscilación térmica menor de  $5^{\circ}\text{C}$ ). Por su grado de humedad la condición climática es subhúmeda y por su temperatura, es cálida. El régimen térmico sufre a lo largo del año variaciones notables y los valores hasta hoy registrados indican que la temperatura media anual varía entre los 25 y los  $28^{\circ}\text{C}$ , mientras que la máxima extrema ha llegado a alcanzar los  $37.6^{\circ}\text{C}$  y la mínima ha descendido hasta  $13.7^{\circ}\text{C}$ . La época más cálida se presenta en el mes de agosto con temperaturas de  $34.6^{\circ}\text{C}$  y la más fría con  $16^{\circ}\text{C}$ , tiene lugar en febrero (CETENAL, 1973).

El régimen pluvial tiene magnitud moderada, pues en promedio anual caen aproximadamente 1205.9 mm. La forma en que se precipita la lluvia es irregular, pues en ocasiones se registran lluvias aisladas en los primeros 5 meses del año mientras que en otras es imperceptible. Lo más corriente es que la temporada húmeda se inicie en junio y sus precipitaciones sean torrenciales a fines de agosto y principios de septiembre, para disminuir en el mes de diciembre. La interacción térmica y húmeda determina que la zona de Manzanillo esté sometida a condiciones ambientales donde priva un clima cálido.

Generalmente el predominio de vientos coincide con la época húmeda, mientras que en la seca, éstos son poco perceptibles. Los vientos dominantes provienen del Oeste y del Oeste-Noroeste,

con una velocidad media anual entre 3.8 y 5.2 m/s . Los vientos de máxima velocidad (ciclónicos) alcanzan excepcionalmente los 65 m/s y es frecuente que provengan del Oeste-Suroeste, aunque también tienen dirección Sureste, Este-Sureste y Oeste-Noroeste, todas estas últimas con velocidades menores que desde 1959 no han superado los 29.5 m/s . La zona no está expuesta a fuertes corrientes de aire; a la fecha solamente se han registrado cuatro fenómenos ciclónicos de consecuencias graves. El de 1959 fue el que causó más daños debido a su intensidad, de 65 m/s y a la existencia de construcciones provisionales en las faldas de los cerros con fuerte pendiente.

Los oleajes, en orden de frecuencia son: Del Oeste un 22% en el año, del Noroeste un 17.8% y del Sur un 12.1% . Las alturas máximas calculadas de los oleajes, producidas por ciclones, son del orden de los nueve metros (SAG, 1972).

La red hidrológica está integrada por dos arroyos activos en la época húmeda y un río que funciona durante todo el año. Todos ellos provienen de la sierra, por lo que las partes bajas más favorecidas en su avenamiento, son las lagunas litorales situadas en las vertientes del monte. El Arroyo de Miramar nace en la Sierra del Espinazo del Diablo, situada al Norte, su avenida desciende por la vertiente Noroeste para verter su caudal en la Laguna de Juluapan, situada al Norte de Punta Juluapan. El Arroyo de Chandiablo también desciende por la parte montañosa del Espinazo del Diablo; esta corriente vierte sus aguas a la Bahía de Santiago y antes de desembocar atraviesa una amplia superficie bañando el suelo frutícola. El Río Salahua, la corriente acuífera más importante de la zona, proviene de una parte montañosa cuyo sitio de nacimiento está lejano del área de estudio; desemboca en al Bahía de Manzanillo en la porción correspondiente al pueblo de Salahua. En el trayecto toca terrenos planos, beneficia actividades frutícolas, agrícolas y pastícolas, pasando además por el pueblo del

mismo nombre. En el sitio donde desemboca el Río Salhua se forma un importante estero también llamado Salhua (Oseguera, 1967).

La región de Manzanillo comprende un área de 314 Km<sup>2</sup> aproximadamente y en donde se considera que el desarrollo urbano de la ciudad y Puerto de Manzanillo ejercerá una influencia directa. Comunicada principalmente por la carretera Colima-Manzanillo-Cihuatlán-Barra de Navidad-Autlán-Guadalajara y por el ferrocarril Guadalajara-Manzanillo que entra al Municipio por Armería, siguiendo la costa hasta el puerto y tocando el balneario de Cuyutlán (COCOMABA, 1984).

Manzanillo, Salhua y Santiago han sido los pueblos de crecimiento de la zona, su establecimiento viene de la época prehispánica y a partir de principios de siglo Manzanillo es el más desarrollado. Su crecimiento actual se ha visto frenado ya que la Bahía de Manzanillo, la Laguna de Cuyutlán y la de San Pedrito lo rodean y las condiciones topográficas del terreno circundante impiden su urbanización debido a las fuertes pendientes. La zona comercial está localizada en la parte central de la ciudad y particularmente sobre la avenida México entre las calles Morelos y Juan Alvarez. En esta zona se ubican oficinas, comercios y gobierno. Otras instalaciones comerciales pequeñas se encuentran diseminadas en las zonas de habitación proporcionando el servicio diario (op.cit.).

El puerto se encuentra protegido por un rompeolas localizado al Noroeste de la ciudad, con un desarrollo de 700 m el cual da protección al puerto viejo donde se encuentran la terminal marítima de Petróleos Mexicanos, el Muelle de la Armada, de Cabotaje y el antiguo Muelle Fiscal. El muelle de Pemex cuenta con una profundidad de 12 m aproximadamente, en el muelle Fiscal hay 13 m en la cabeza disminuyendo hasta 7 m en la zona del muelle de Cabotaje y 5 m en el muelle de la Armada (Comisión Nacional Coordinadora de Puertos, 1974).

El movimiento portuario para 1972, según estadísticas globales, sitúa al Puerto de Manzanillo como el segundo de la costa del Pacífico. El movimiento de altura ocupa el primer lugar en el Pacífico con un 52%, en cambio el movimiento de cabotaje sólo participó con el 11.14% ocupando el tercer lugar en la zona (op.cit.).

La zona industrial está formada principalmente por las instalaciones de la Planta Peletizadora de Consorcio Minero Benito Juárez Peña Colorada y que están localizadas en el Ejido de Tapeixtles ocupando un área de 60 Ha . El yacimiento ferrífero de Peña Colorada se encuentra ubicado cerca de Minatitlán Colima a 57 Km aproximadamente de Manzanillo. Las reservas cuantificadas de este yacimiento se estiman en más de 100 millones de toneladas de fierro, siendo su duración conforme el ritmo de explotación al que se le someta, pero se le calcula una vida de 40 a 50 años. Los concentrados son enviados en suspensión a través de un ferroduto que consiste en una tubería con una extensión de 48 Km hasta la Planta Peletizadora en Manzanillo (Moctezuma, 1975).

El servicio de ferrocarril fue impulsado desde el año de 1908. Cuenta con una estación de pasajeros que se ubica al Sureste del Muelle Fiscal, sobre la avenida Niños Héroes y una estación de carga sobre la calle Alameda. El ferrocarril tiene acceso a la ciudad por Campos a través del terraplén construido para tal propósito; de esta vía troncal que corre de Norte a Sur se dá servicio al Muelle Fiscal y a la terminal marítima de Pemex. El Puerto Interior de San Pedrito es servido por una vía que se bifurca de la troncal antes de llegar a la ciudad, atravesando el Tajo y corriendo paralela a la calzada Niños Héroes (Oseguera, 1967).

La terminal marítima de Pemex se ubica entre el rompeolas y el muelle de la Armada, es una instalación en forma de espigón integrada por dos diques para atraque y una plataforma de operación. En esta última se tienen instaladas seis garzas para el movimiento de combustóleo, diesel, intermedio 15 y refinados. El muelle

puede recibir dos buques tanque a la vez y dar combustible hasta seis embarcaciones. Toda la terminal ocupa un área de 45 000 m<sup>2</sup>, cuenta con 15 tanques de almacenamiento para combustible con una capacidad total de 339 733 barriles y el estado general de conservación de las instalaciones es bueno. La carga total movida por los muelles de Pemex en 1970 de 191 862 toneladas se hizo con 41 embarcaciones a razón de 4 437 toneladas por barco, dichas embarcaciones tuvieron una afluencia mínima de 2 por mes y una máxima de 5 con un tiempo total de ocupación de 53 días, lo que representa un porcentaje de utilización del muelle de 7.25% (Noctezuma, 1975).

En la zona de Campos, frente a la Laguna de Cuyutlán se encuentra localizada la Termoeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad y abastece de corriente eléctrica a la región de Manzanillo; son desconocidos los efectos que ocasiona en la zona la liberación de aguas a altas temperaturas.

Con respecto a instalaciones turísticas existen pequeños atracaderos para lanchas de pesca o pesca deportiva, localizados entre el muelle Fiscal y San Pedrito, además de un muelle para yates en la Laguna de San Pedrito. La zona turística se desarrolla a lo largo de las Bahías de Manzanillo y Santiago donde se encuentran las playas más conocidas como San Pedrito, las Brisas, Salahua, Playa Azul, El Tesoro, Las Hadas, La Audiencia, Santiago, Olas Altas y Miramar.

El periodo de máxima afluencia turística es en Semana Santa, cuando la población turística flotante fue, para 1981, de 125 000 individuos, casi el doble de la población residente (78 280) y aumentando esto, la demanda de agua potable, de servicios y de alimentos (COCOMABA, 1981). A continuación se resume la afluencia turística de 1974 a 1981 y el incremento turístico promedio observado:



| AÑO  | No. DE TURISTAS | TASA DE INCREMENTO |
|------|-----------------|--------------------|
| 1974 | 80 000          | 55 %               |
| 1976 | 190 000         | 23 %               |
| 1979 | 360 000         | 18 %               |
| 1981 | 500 000         | 16 %               |

#### COCOMABA, 1984

El crecimiento poblacional aumentó entre 1970 y 1981 en un 7.2% anual por el establecimiento de complejos turísticos como Las Hadas, Maeva y Club Santiago; así como por el aeropuerto, la Planta Peletizadora, la Termoeléctrica y el Puerto Interior. El 47% de la población total se concentra en el Centro de Manzanillo (COCOMABA, 1981).

Para el año de 1978 las actividades de la población económicamente activa se clasificaron de la forma siguiente:

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| Agricultura                    | 22 % |
| Industria de la Construcción   | 10 % |
| Industria de la Transformación | 4 %  |
| Servicios Diversos             | 15 % |
| Actividades Portuarias         | 13 % |
| Servicios Turísticos           | 9 %  |
| Comercio                       | 8 %  |
| Burocracia                     | 6 %  |
| No especificado                | 13 % |

#### COCOMABA, 1982

En lo que respecta a la vivienda el 75% de la misma se debe ampliar en el área construída. Carece en un 44% de conexión a la red domiciliaria de agua y un 75% de las moradas no dispone de red de alcantarillado, siendo éste el servicio más deficiente. El sistema de drenaje en el casco urbano de Manzanillo (construído hace 56 años) es del todo insuficiente, obsoleto y contaminante, puesto que sin ningún tratamiento se canaliza a la Playa del Viejo. El resto de las descargas, aproximadamente 80% de toda la región, va

a pozos negros, 23.8% proviene de Manzanillo y 71.1% del resto. El 31.9% de desechos humanos se liberan a flor de tierra y 19.9% directo a los cuerpos de agua.

La liberación de las aguas residuales en la Playa del Viejo no es conveniente porque las corrientes marinas litorales las llevan hacia el interior de la Bahía de Manzanillo, contaminándola. Es un problema muy conocido pero aún sin resolver, sólo algunos fraccionamientos de la zona hotelera tales como Vida del Mar, Club Santiago, Maeva, Andalucía y Fraccionadora y Hotelera del Pacífico, han construido sus propias plantas de tratamiento para resolver sus dificultades. No obstante, el aporte de descargas contaminantes aumenta durante los meses de mayor incidencia turística, como la Semana Santa, el Verano y el mes de Diciembre (COCOMABA, 1981).

#### IV. METODOLOGIA

##### Delimitación del área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo

El área de estudio se encuentra delimitada entre los  $19^{\circ}01'46''$  y  $19^{\circ}07'10''$  de Latitud Norte y entre los  $104^{\circ}18'14''$  y  $104^{\circ}24'04''$  de Longitud Oeste, su localización dentro de la República Mexicana se puede apreciar en la figura II.1. La zona de influencia costera de Manzanillo comprende, principalmente, las bahías de Manzanillo y Santiago y las lagunas de Juluapan, Cuyutlán y San Pedrito.

En el área se trazaron un conjunto de transectos perpendiculares en forma radial a partir de la estación 1 hacia la línea de costa, como se ilustra en la figura II.2, siendo diez transectos en total. Esto se hizo con el objeto de abarcar en forma sistemática las estaciones y tomarlas a la misma distancia a partir de la costa. Sin embargo, hay algunas estaciones que no caen en las líneas de los transectos pero que se incluyeron por ser puntos donde existe una importante influencia hacia el agua de las bahías como es en el Puerto Exterior (est. 20, 21, 22 y 23), el Canal de comunicación entre éste y el Puerto Interior (est. 19), en la zona de descarga de aguas negras de la ciudad (est. 30 y 31), en las áreas hoteleras (est. 6 y 10) y la desembocadura de la Laguna de Juluapan (est. 2). Ver la figura II.3.

En la tabla I.1 se presentan las coordenadas geográficas de cada estación, así como las fechas en que fueron muestreadas con la hora inicial y final.

##### Importancia de los parámetros

Los elementos o sustancias que pueden contaminar las aguas son muchos. Los contaminantes que potencialmente pueden deteriorar el agua no se consideran todos sino sólo algunos de los más

significativos y que son indicadores de contaminación de las aguas. La Organización Mundial de la Salud selecciona como más representativos los parámetros indicadores siguientes:

- a) Concentración de oxígeno disuelto
- b) Concentración de materia orgánica oxidable biológicamente
- c) Concentración de amonio
- d) Salinidad
- e) Temperatura
- f) Bacterias nocivas

SSA, 1981

Por otro lado, en un Modelo de Control de Contaminación, para aguas marítimas, usado en España (op.cit.), se tienen como parámetros indicadores de calidad y sus límites para zonas de baño, los que a continuación se enlistan:

- a) Parámetros bacteriológicos: la concentración de E. coli no deberá ser superior a 1000 org/100 ml
- b) Parámetros físicos: partículas flotantes, espumas, aceites y grasas. No perceptibles
- c) Color y olor. No diferenciables del estado natural
- d) Transparencia. Medida con el disco de Secchi: 1.5 m
- e) Parámetros químicos: índice de saturación en oxígeno. Superior al 80%
- f) Potencial de hidrógeno (pH). Debe estar comprendido entre 7 y 9 sin sobrepasar en  $\pm 0.5$  unidades estos límites

Por último, en la Legislación Mexicana vigente, se contemplan como parámetros indicadores de calidad para aguas costeras, los siguientes:

- a) pH
- b) Temperatura
- c) Oxígeno disuelto
- d) Bacterias coliformes
- e) Grasas y aceites

- f) Transparencia,
- g) Color, olor y sabor
- h) Materia flotante
- i) Sustancias tóxicas

SARH, 1973

En el presente trabajo se determinaron los parámetros ense -  
guida enumerados:

- 1) Temperatura
- 2) Salinidad
- 3) pH
- 4) Oxígeno disuelto
- 5) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
- 6) Amonio
- 7) Nitritos
- 8) Nitratos
- 9) Ortofosfatos
- 10) Sulfatos
- 11) Alcalinidad
- 12) Coliformes Totales
- 13) Coliformes fecales
- 14) Color y olor
- 15) Transparencia
- 16) Materia flotante
- 17) Grasas y Aceites
- 18) Corrientes

De grasas y aceites sólo se hicieron observaciones visuales por que no se contaba con el equipo y los reactivos necesarios para su cuantificación; no obstante, la determinación es suficientemente útil según el objetivo de trabajo que se tiene y las limitantes marcadas por la Legislación Mexicana. El sabor no se determinó como tal dada la peligrosidad de su evaluación en caso de que hubiera fuerte contaminación y que además se contaba con el olor con el

cual guarda una íntima relación. Las sustancias tóxicas tampoco se calcularon debido a la carencia del equipo y los reactivos requeridos para su determinación.

Sin embargo, se considera que los parámetros que si se pudieron realizar, proporcionan la información suficiente para poder saber cuál es la calidad del agua en ambas bahías. La anterior consideración se apoya en la selección de parámetros que hace la Organización Mundial de la Salud y en el Modelo de Control de Contaminación usado en España para zonas de baño, donde se mencionan los parámetros más representativos indicadores de calidad, habiéndose realizado todos ellos en este trabajo. También se hace en base a la Legislación Mexicana con la que se cumplió con la gran mayoría de parámetros de calidad para aguas costeras. Además se determinaron algunos otros que no están incluidos en la misma, pero que también son importantes por las causas que los originan y/o los efectos que pueden tener en el cuerpo de agua.

A continuación se dará una breve explicación de los parámetros evaluados:

#### 1) Temperatura

La contaminación térmica se debe a diversas actividades industriales en zonas costeras que requieren agua de enfriamiento, sobre todo en las Centrales Térmicas, que la utilizan en el circuito de refrigeración. El aumento de temperatura en el agua del mar tiene efectos perjudiciales importantes:

- Aumento del consumo de oxígeno por los peces (se duplica cada 10°C)
- Acelera extraordinariamente los procesos químicos y biológicos, disminuyendo el oxígeno disuelto
- Disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua
- El efecto sinérgico de temperatura y nutrientes, como los iones amonio y fosfato, aumenta la actividad metabólica del plancton, lo cual a su vez tiende a aumentar la DBO y da origen al fenóme-

no de eutroficación, en detrimento de la vida piscícola. Cuando la descarga de desechos va con una DBO elevada y acompañada de una contaminación térmica, se llegan a producir degradaciones locales del medio que afectan la capacidad de autodepuración natural. Por otro lado, las fluctuaciones de temperatura del agua pueden provocar cambios en la composición de las poblaciones marinas (SSA, 1981).

## 2) Salinidad

Se entiende por salinidad de un agua, la suma de todas las sustancias que lleva disueltas, tanto de tipo orgánico como inorgánico.

Una cantidad excesiva de sales disueltas puede tener efectos adversos sobre la fauna y flora acuáticas, debido a que éstas se encuentran adaptadas a un régimen específico de salinidad y al variar éste bruscamente, se pueden presentar graves problemas osmóticos en las especies afectadas. Por otro lado, una salinidad elevada, generalmente ocasionada por la presencia de cloruros, sulfatos o bicarbonatos, refleja valores anormales de pH o una alta conductividad y también puede proporcionar mal sabor a las aguas. Este parámetro sufre grandes variaciones según la hidraulicidad del año y la época que se considere, ya que si hay caudales abundantes aumenta la dilución de las sales contenidas y la concentración de sales es menor (SSA, 1981).

## 3) pH (potencial de hidrógeno)

Es una medida de la acidéz o alcalinidad existente en el medio. Nos puede proporcionar información acerca de una posible contaminación ácida o alcalina que pudiera haber, lo que daría como resultado irritación en los ojos o la piel y afectar la vida marina (González, 1975).

## 4) Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en las aguas proviene fundamentalmente del contacto con la atmósfera y del proceso de fotosíntesis realizado por las plantas acuáticas. Se expresa en mg de oxígeno disuelto/li-

tro de agua. Las corrientes rápidas, soleadas y bien aireadas pueden alcanzar valores próximos a los 14 mg/l de oxígeno disuelto. La capacidad de disolver oxígeno no es indefinida. El valor máximo de la solubilidad depende de la presión atmosférica, de la temperatura del agua, de la temperatura del aire y de la salinidad de la corriente. Por otra parte, el oxígeno disuelto es constantemente consumido por la vida presente en las aguas, por la degradación de los compuestos orgánicos y por la oxidación de los compuestos minerales.

Un valor inferior a 3 mg/l representa un estado letal y en esas aguas no es posible la vida de organismos vivos superiores. Los microorganismos pueden sobrevivir pero también con dificultades. En este caso las aguas presentarán un mal aspecto, malos olores, sabores y colores (SSA, 1981).

#### 5) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Los ríos, mares o corrientes de agua tienen una gran capacidad de autodepuración, transformando la materia orgánica que reciben en sustancias minerales. Este proceso de biodegradación de la materia orgánica se realiza por los microorganismos existentes en las aguas, en presencia de oxígeno. El vertido de aguas residuales con una carga orgánica en las aguas del mar, produce una disminución del contenido de oxígeno disuelto existente, por lo cual la contaminación orgánica se determina a través de la DBO.

Así pues, la concentración de materias oxidables biológicamente, se expresa en función de la demanda bioquímica de oxígeno, que mide la cantidad de oxígeno absorbido por las sustancias orgánicas contenidas en un litro de agua durante su proceso químico-biológico de oxidación. Conocida la cantidad de oxígeno necesaria, es posible determinar comparativamente la carga contaminante del agua en materias fermentables y el poder autodepurador de la misma. A efectos de la influencia de la materia orgánica oxidable sobre la vida acuática, puede decirse que ello se relaciona más bien



con la cantidad de oxígeno que permanezca en la corriente una vez degradados los compuestos orgánicos, ya que en sí, los productos residuales son en general alimento propicio para los organismos vivos, siempre que no se produzca su asfixia por un exagerado déficit de oxígeno (SSA, 1981).

#### 6) Amonio

El ión amonio contenido en las aguas procede de la disolución de amoníaco o de sales amónicas. Su principal origen se debe a los compuestos nitrogenados en vías de descomposición, contenidos en los vertidos urbanos y en algunos casos, derivados de los vegetales (SSA, 1981). La producción de amonio se puede dar en condiciones anóxicas o en la presencia de oxígeno. Proviene de varias fuentes como son: la atmósfera, la descomposición del protoplasma y materia orgánica nitrogenada, la excreción del zooplancton, la reducción de nitratos y de nitritos y otros compuestos inorgánicos nitrogenados. La existencia de alta concentración de amonio puede indicar la presencia de descarga de aguas negras (Riley y Skirrow, 1975).

#### 7) Nitritos

Los nitritos proceden básicamente de la reducción de los nitratos y de la oxidación del amonio, ambos procesos son efectuados por las bacterias nitrificantes y desnitrificantes. Es un estado intermedio en la fijación del nitrógeno y en el reciclamiento de éste (Martin, 1970). Los nitritos proceden también de aguas residuales (SSA, 1981).

#### 8) Nitratos

La absorción del nitrógeno por el fitoplancton se lleva a cabo en forma de nitratos. Las fuentes de éstos son el agua de lluvia y la oxidación bacteriana de nitritos a nitratos, así como otras aportaciones de materia orgánica como las descargas de aguas negras (Martin, 1970).

## 9) Ortofosfatos

Se les encuentra en las aguas de desecho y provienen en particular de los detergentes y de los fertilizantes químicos, así como de las heces fecales humanas y animales. Están considerados entre los diez principales agentes de contaminación, principalmente en la gos y ríos (Salvat, 1975). Es uno de los nutrientes esenciales en el ecosistema marino por ser limitativo para el crecimiento de los organismos (Martín, 1970; Brower y Zar, 1980).

## 10) Sulfatos

Los sulfatos provienen de fuentes geológicas a partir de la descomposición de sulfuros ferrosos (Riley y Chester, 1976). Se en ue nt ra n do formando parte de algunos desechos industriales y domésticos y del producto de la descomposición del petróleo (Brower y Zar, 1980). La mayoría de sulfatos generados por la sociedad tienen su fuente en la combustión de hidrocarburos (Riley y Skirrow, 1975).

## 11) Alcalinidad

La alcalinidad se define como el número de miliequivalentes de iones hidrógeno necesarios para neutralizar los aniones de los ácidos débiles presentes en el agua de mar. Dado que las aguas de los océanos tienen un pH alrededor de 8, el principal componente de la alcalinidad es el ion bicarbonato (Rosales, 1980). Está íntimamente ligado con la salinidad y el pH y es también utilizado como una medida de contaminación de origen ácido o alcalino.

## 12 y 13) Coliformes totales y coliformes fecales

La mayoría de microorganismos patógenos son de origen humano y se descargan al mar principalmente por las aguas residuales domésticas e industriales (Aubert, 1969; cit. Orozco, 1983). En la ecología de la flora y fauna marinas, la contaminación bacteriológica aporta modificaciones considerables, el bentos consume bacterias marinas y terrestres y los invertebrados marinos pueden concentrar bacterias en su tracto digestivo (op. cit.). Existen evidencias de que un individuo elimina cientos de millones de gérmenes por gramo de materia evacuada, de los cuales de cien a quinientos millones -

son coliformes (Tylor, 1958; cit. Orozco, 1983). Estos microorganismos dispersados en la superficie del mar, terminan introduciéndose en el ciclo de los animales que habitan el medio marino, provocando en ocasiones que los mariscos se tornen insalubres y que el producto de la pesca no pueda consumirse sin el peligro de causar enfermedades infecciosas como: fiebre tifoidea, paratifoidea, cólera, diarreas infantiles y disentería bacilar (Gauthier, 1981; cit. Orozco, 1983). En el hombre se han reportado brotes de epidemia atribuidos a las condiciones insalubres de las aguas costeras. En un estudio realizado en el litoral de Var en Francia, se encontró que las enfermedades más frecuentes observadas en los bañistas (principalmente niños) fueron infecciones pulmonares, nasales y de los ojos (Aubert, 1966; Orozco, 1983).

#### 14) Color y olor

El color de un agua es de suma importancia y en algunos casos síntoma de su contaminación; en otros nos puede indicar su procedencia. La materia orgánica, por ejemplo, es muchas veces la causante del color de algunas aguas de superficie (amarillo claro o pardo). Un color verdoso puede hacernos pensar en la presencia de algas. En el caso de una estación depuradora el agua puede adquirir un color amarillo paja muy claro. Algunas veces las aguas tienen un color aparente que puede cambiar al eliminar la materia en suspensión. Las aguas negras si son recientes tienen un color gris que va haciéndose cada vez más oscuro al alterarse con el tiempo.

El mal olor es casi siempre síntoma de un agua contaminada. Los compuestos químicos (ácido acético, acetona, cloro, etc. provenientes de aguas residuales), materia orgánica en descomposición y microorganismos, son los principales causantes del mal olor en las aguas. Algunas veces un mal olor es debido al ácido sulfhídrico o a sulfuros de los que a veces se contamina el agua por espacios de tiempo cortos, como ejemplo podemos citar los existentes en el fondo de los lagos o en las capas profundas de los embalses, renovadas

muy insuficientemente, donde la acción biológica provoca una reducción de los sulfatos.

Todo lo referente al olor podemos asociarlo con el sentido del gusto. De todos es conocida la relación íntima entre el olfato y el gusto. Sin embargo, existen compuestos ( por ejemplo los cloruros) que dan al agua un cierto sabor sin olor alguno; algunas sustancias minerales (hierro, cobre, etc. ) pueden también conferir al agua cierto sabor sin alterar el sentido del olfato (SSA, 1981).

#### 15) **Transparencia**

Es la distancia, en dirección al fondo del mar, hasta la cual puede todavía verse el disco de Secchi utilizado en esta medición. Refleja el grado de limpieza del agua o la proporción de material en suspensión. El aspecto del agua debe ser claro y transparente, cuando no es así se puede atribuir a descargas de desechos industriales, domésticos o de embarcaciones que elevan la cantidad de materia orgánica en suspensión impidiendo el paso de luz y disminuyendo la transparencia. Esto le da un mal aspecto al agua afectando además la vida del fitoplancton.

#### 16) **Materia flotante**

Es toda aquella materia que se observa a simple vista sobre la superficie del agua. Confiere un aspecto desagradable afectando la estética del cuerpo de agua y contribuyendo de alguna manera a su contaminación.

#### 17) **Grasas y aceites**

Proviene principalmente del petróleo y sus derivados y en menor escala del uso doméstico. Algunos de sus efectos contaminantes son: una menor incidencia de la luz necesaria para el desarrollo del fitoplancton, disminuye la solubilización del oxígeno y causan efectos tóxicos en los organismos marinos. Forman películas en el agua que dan mal aspecto y en ocasiones hasta se alcanza a percibir un mal olor. Los hidrocarburos además si se intemperizan se pueden acumular como alquitrán en las playas, demeritándose éstas lo que

ocasiona una menor afluencia de bañistas.

### 18) Corrientes

Es el desplazamiento de las aguas provocado por diferentes causas como son las mareas, vientos, cambios de temperatura, etc. Si bien no es un parámetro indicador de contaminación, si nos puede ayudar a saber la posible distribución de los demás parámetros y hacia dónde podrían ser éstos difundidos, si van a concentrarse en una cierta zona, por ejemplo la costa o van a diluirse hacia mar abierto.

### Técnicas de trabajo

Se realizaron tres ciclos de muestreo en los siguientes periodos:

| Ciclo | Fecha Inicial | Fecha Final |
|-------|---------------|-------------|
| 1°    | 22/ago/84     | 13/sept/84  |
| 2°    | 19/sept/84    | 22/oct/84   |
| 3°    | 24/oct/84     | 26/nov/84   |

Las estaciones de la línea de playa fueron muestreadas desde tierra, las del Puerto Exterior y la del Canal que comunica a éste con el Puerto Interior, en una lancha proporcionada por el Instituto Oceanográfico de Manzanillo y las restantes a bordo de tres barcos de la Armada de México: el "Zamora", el "Sea Searcher" y el "Cora", usados en los ciclos primero, segundo y tercero, respectivamente.

El trabajo durante todo el estudio se dividió en dos partes: Trabajo de Campo y Trabajo de Laboratorio. Enseguida se describirá cada uno de ellos.

#### - Trabajo de Campo -

##### A) Toma de muestras

a) Muestra general de agua.- Se tomaba con una botella Niskin de operación manual.

b) Muestras para oxígeno disuelto y DBO.- De la botella Niskin se recibían las muestras en botellas de vidrio con tapón esmerilado

especiales para O<sub>2</sub> y DBO, enjuagándolas primero con la misma agua y llenándolas después totalmente, evitando que quedaran burbujas de aire dentro de las botellas.

c) Muestras para coliformes totales y fecales.- Desde la botella Niskin se pasaba agua a botellas de vidrio con tapón esmerilado, previamente esterilizadas, llenándolas hasta 3/4 partes de su volumen aproximadamente y teniendo cuidado de que no se contaminaran con la botella Niskin, las manos, exhalaciones buco-nasales, etc.

d) Muestras para parámetros fisicoquímicos (amonio, nitritos, nitratos, ortofosfatos, sulfatos y alcalinidad).- De la muestra general de agua se pasaban a botellas de plástico que eran previamente enjuagadas con la misma y después se llenaban en su totalidad.

Todas las muestras eran etiquetadas con fecha y número de estación.

#### B) Preservación de las muestras

a) Muestras para oxígeno disuelto.- Se les agregaba sulfato manganoso y álcali yoduro que fijaban el oxígeno impidiendo que éste se degradara.

b) Muestras para DBO, coliformes y parámetros fisicoquímicos.- Se conservaban a temperatura de refrigeración para evitar su alteración.

#### C) Medición de parámetros en el campo

a) Temperatura, salinidad y pH.- Con un multisensor de campo, el Hydrolab Kalshico.

b) Color.- Comparación visual con la escala Forell.

c) Olor.- Organolépticamente.

d) Materia flotante, grasas y aceites.- Detección visual.

e) Transparencia.- Medida con el disco de Secchi.

f) Corrientes.- Medidas con un corrientímetro Interocean Modelo 135 H.

#### D) Parámetros meteorológicos

Por carencia de instrumentos no se pudieron tomar durante

las salidas de campo, pero el Departamento de Meteorología del Instituto Oceanográfico de Manzanillo, encargado de esas mediciones proporcionó los datos de dichos parámetros.

Las mediciones utilizadas fueron: velocidad y dirección del viento, temperatura del aire y precipitación pluvial que son de suma importancia por la influencia directa que tienen sobre el agua de las bahías (tabla I.2)

#### - Trabajo de Laboratorio -

Las muestras eran procesadas en cuanto llegaban al laboratorio. Las técnicas usadas para la medición de los parámetros son las siguientes:

#### Oxígeno disuelto

Se analizó por el método de Winkler o yodométrico, basado en las propiedades oxidantes del oxígeno (Strickland y Parsons, 1972) con modificación de Rand, et. al. (1975) que incluyen la azida de sodio para evitar la interferencia por nitritos. El método se basa en la oxidación del ión manganeso a mangánico por la acción del oxígeno disuelto en un medio fuertemente alcalino, posteriormente al acidificar el medio con ácido sulfurico, el ion mangánico actúa como oxidante sobre el yoduro que ya existía en el medio (álcali yoduro) y libera yodo en una cantidad equivalente al oxígeno que existía originalmente en la muestra. El yodo libre se determina con una solución valorada de tiosulfato de sodio usando almidón como indicador.

#### Demanda bioquímica de oxígeno

Al llegar las muestras al laboratorio se metían a incubar a 20°C durante 5 días, una vez transcurridos éstos, se les daba el mismo tratamiento que a las muestras de oxígeno disuelto. Este método se basa en la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para efectuar la oxidación de la materia orgánica presente en aguas naturales y residuales y se determina por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el que se encuentra en la muestra des

pués de la incubación (Strickland y Parsons, 1972).

#### Amonio

El amonio presente en la muestra se hace reaccionar con fenol e hipoclorito de sodio a un pH elevado para producir un compuesto, el azul de indofenol, estable durante 24 horas y cuyo color es proporcional a la cantidad de amonio; la absorbancia se lee en un colorímetro a 640 nm (Strickland y Parsons, 1972).

#### Nitritos

La determinación se basa en la reacción de Griess en la que el ión nitrito, entre un pH de 1.5 y 2 forma un compuesto azo con la sulfanilamida, después se le hace reaccionar con naftil-etilendiamina produciéndose un compuesto colorido con absorción máxima a 543 nm. La absorbancia obtenida es proporcional a la concentración de nitritos presentes en la muestra (Bendchmeider y Robinson, 1952; cit. Rosales, 1980).

#### Nitratos

El método se basa en la reducción cuantitativa en un 90 a 95 % de los nitratos a nitritos al pasar la muestra por una columna con limaduras de cadmio cubiertas con cobre coloidal. La muestra así tratada se procesa de igual manera que en el caso de nitritos (Morris y Riley, 1963; cit. Rosales, 1980).

#### Ortofosfatos

Para la determinación de ortofosfatos se siguió el método de Greenfield y Kalber (1955) modificado por Murphy y Riley (1962). Los iones fosfato reaccionan con el molibdato de amonio para formar un complejo molibdo fosfórico, después una reducción controlada de este compuesto con ácido ascórbico y catalizada con tartrato de antimonio y potasio, produce el complejo colorido azul de molibdeno. La intensidad del color desarrollado es proporcional a la concentración de ortofosfatos existentes en la muestra y se lee en un espectrofotómetro a 880 nm (Rosales, 1980).



## Sulfatos

Se determinaron por el método turbidimétrico de Greenfield y Kalber (1955) modificado por Murphy y Riley (1962). El ión sulfato se hace precipitar en medio ácido con cloruro de bario para formar sulfato de bario que enturbia el medio en una proporción equivalente a la cantidad de sulfatos presentes en la muestra. Se mide la turbidez en un espectrofotómetro a 420 nm (SARH, 1984).

## Alcalinidad

La alcalinidad se determinó por el método de Anderson y Robinson (Rosales, 1980). A una alícuota de la muestra se le agrega ácido clorhídrico en exceso (medido y valorado) para neutralizarla y después se mide el pH para calcular la alcalinidad.

## Coliformes totales y fecales

Se determinaron por la técnica del Número Más Probable (NMP) que se basa en la capacidad que tienen las bacterias coliformes para fermentar la lactosa con producción de gas en un lapso de 24 a 48 horas (APHA, 1980). Se confirmó la presencia de bacterias coliformes resemebrando en caldo lactosado bilis verde brillante e incubando a  $37^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 48 horas; haciéndose también resiembras de los tubos que resultaron positivos, en caldo EC que se incubaron a  $44.5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, para poder diferenciar y cuantificar a las bacterias coliformes fecales.

## V. RESULTADOS

En este capítulo se hará una descripción de los resultados obtenidos durante el estudio para cada uno de los parámetros determinados, utilizando como base las tablas de datos (Anexo I) y las figuras que muestran sobre mapas la distribución que los mismos presentan en las bahías (Anexo II).

### Transparencia

Este parámetro se mostró muy variable porque va de acuerdo a la profundidad de cada estación, la incidencia luminosa, etc., pero siempre se presentaron valores mayores de 1.50 m en los tres ciclos de muestreo, excepto en las estaciones de la línea de costa donde la transparencia tenía el mismo valor que la profundidad (tablas I.3, I.4, I.5).

### Temperatura

Primer ciclo: En la Bahía de Santiago hay un decremento desde el extremo Oeste hacia Punta Santiago, con isoterma que corren de la costa hacia altamar para después de Punta Santiago adentrarse en la Bahía de Manzanillo, tomando su forma y llegando a un valor mínimo entre las estaciones 25 y 26 y de ahí aumenta hacia la costa y el Puerto Exterior (fig. II.4). Los valores extremos son 28.0°C en las estaciones 8,12 y 25 y 31.0°C en la estación 19.

Segundo ciclo: La temperatura en ambas bahías va en aumento de la costa hacia mar adentro, siguiendo las isoterma el contorno de aquella. Existe una mancha en forma de "pera" en la Bahía de Santiago, de 29.5°C y otra más pequeña en la Bahía de Manzanillo de 31.0°C (fig. II.5). El valor más alto fue de 31.0°C en las estaciones 26 y 32, el menor fue de 27.0°C en las estaciones 15,16,18,20 y 21 (fig. II.3).

Tercer ciclo: En las dos bahías disminuye la temperatura de la costa hacia mar abierto; en la Bahía de Manzanillo las isoterma son paralelas a la costa y hay una mancha "ovalada" de 28.0°C.

En la Bahía de Santiago unas isotermas tienen forma de "Z" y otras se abren desde la estación 7 hacia la 13 y 14 (fig.II.6). Los valores extremos son 29.5°C en la estación 6 y 27.0°C en la estación 11.

### Salinidad

Primer ciclo: La distribución superficial de salinidad tiende a disminuir desde la parte central de la Bahía de Santiago hacia la costa, con isohalinas que toman la forma del contorno de esta última y que van de Punta Juluapan al extremo Este de la bahía. La salinidad en la Bahía de Manzanillo disminuye desde el centro de la misma hacia mar abierto con isohalinas en forma de "campana"; en el Puerto Exterior las concentraciones de salinidad se ven incrementadas. El valor más bajo se encuentra en la estación 15 con 28.0 ‰ y el más alto en las estaciones 21 y 22 con 33.0 ‰ (fig. II.7).

Segundo ciclo: La distribución de salinidad en este ciclo disminuye en isohalinas que van a lo largo de toda la costa de la Bahía de Santiago hacia mar adentro; la salinidad va aumentando desde el centro de la costa de la Bahía de Manzanillo hacia altamar con isohalinas en forma de "campana", sin embargo, rumbo a la estación 15 hay un particular decremento de la salinidad (fig. II.8) observándose el valor más bajo en ella con 25.3 ‰. La concentración más alta se encontró en la estación 33 y fue de 34.2 ‰.

Tercer ciclo: En este ciclo no se pudo determinar la salinidad debido a un desperfecto del aparato de medición.

### pH

En el primer ciclo de muestreo no se determinó este parámetro debido a que se carecía del potenciómetro necesario para su medición, pudiéndose adquirir éste hasta poco antes de empezar el siguiente ciclo. No se hicieron isolíneas de este parámetro porque

se obtuvieron valores muy homogéneos en la zona de estudio en los otros dos ciclos de muestreo. El valor de pH predominante oscila entre 8.13 y 8.14 (tablas I.4, I.5).

#### Color

Durante los tres ciclos de muestreo el color del agua en la mayoría de las estaciones fue el natural, variando en su tonalidad debido, entre otras cosas, a la incidencia luminosa. Únicamente el Puerto Exterior presentó un color fuera de lo normal, ya que se encontraron colores correspondientes a un cuerpo de agua cerrado (valores "U" de la escala Forell) y no colores propios de un cuerpo de agua abierto (valores "F" de la escala Forell) como resultado en las otras estaciones, siendo esto lo que debería esperarse tratándose de una bahía (tablas I.3, I.4, I.5).

#### Olor

Resultó un olor natural en toda el área de estudio excepto en el Puerto Exterior y la zona de descarga de aguas negras de la ciudad, donde se llegaron a percibir olores desagradables no naturales (fétidos, a petróleo, etc. ) durante los tres ciclos de muestreo (tablas I.3, I.4, I.5).

#### Materia flotante

En el Puerto Exterior siempre se encontró materia flotante, compuesta de pedazos de madera, basura, peces muertos, etc. En otras estaciones como las que están en la desembocadura de la Laguna Juluapan y la del Río Salahuá, en las playas Santiago, Playa Azul, Las Brisas y en el área de descarga de aguas negras, se encontró también materia flotante principalmente en los dos últimos ciclos de muestreo. En el resto de las estaciones no se encontró materia flotante en ninguno de los tres ciclos (tablas I.3, I.4, I.5).

## Grasas y Aceites

Primer ciclo: Se detectaron manchas de grasas y aceites en las estaciones 31 y 32, así como en todas las del Puerto Exterior incluyendo la del canal que lo comunica con el Puerto Interior. En la estación 18 se encontraron restos de hidrocarburos intemperizados, depositándose como alquitrán en la playa. En las demás estaciones no se encontraron manchas de grasas y aceites (tabla I.3)

Segundo ciclo: Se observaron manchas de aceite en las estaciones 27 y 32 y en las del Puerto Exterior y alquitrán en las playas de las estaciones 17 y 18; en el área restante no hubo manchas de grasas y aceites (tabla I.4).

Tercer ciclo: Sólo hubo manchas de grasas y aceites en las estaciones 25, 27, 30, 31, y las del Puerto Exterior y restos de alquitrán en las estaciones 17 y 18 (tabla I.5).

## Oxígeno disuelto

Primer ciclo: En ambas Bahías la concentración aumenta de la costa hacia mar adentro. En la Bahía de Santiago unas isolíneas siguen su contorno y otras parten del extremo Oeste y con forma de "diadema" se dirigen hacia Punta Juluapan. En la Bahía de Manzanillo las isolíneas tienen forma de "zig zag" abarcando toda la costa (fig. II.9). El valor máximo fue de 7.38 mg/l en las estaciones 1 y 19; el mínimo fue de 3.69 mg/l y se encontró en la estación 21 (Puerto Exterior).

Segundo ciclo: La distribución de oxígeno disuelto durante el segundo ciclo de muestreo se da en la Bahía de Manzanillo con una isolínea paralela a la costa que va de extremo a extremo y otra de la misma concentración (7.50 mg/l) que parte del Puerto Exterior y llega casi hasta Punta Ventanas (fig. II.10). Hacia el Suroeste de dicha bahía hay dos isolíneas concéntricas de menor a mayor valor que presentan forma de "media luna" siendo los picos las estaciones 1 y 26. En la Bahía de Santiago hay dos grupos de isolíneas,

uno con forma de "semielipses" que parten de la desembocadura de la Laguna Juluapan y se dirigen hacia el Noreste con valores de mayor a menor concentración y el otro con isolíneas que se inician a la altura de la estación 7, toman la forma de la línea de costa y se van hacia el Sur-Suroeste; la concentración disminuye en forma concéntrica hacia Punta Juluapan (fig. II.10). El valor máximo de oxígeno se presenta en la estación 19 con 9,88 mg/l y el mínimo en la estación 12 con 4.02 mg/l.

Tercer ciclo: En la Bahía de Manzanillo va aumentando la concentración desde las estaciones más lejanas de la costa hacia ésta, con isolíneas de forma "puntiaguda" que señalan hacia la estación 16; esta distribución se presenta también desde el Puerto Exterior (fig II.11). En la Bahía de Santiago el comportamiento es diferente, las isolíneas son concéntricas y abarcan toda la bahía con valores de 7.70 a 8.70 mg/l, siendo el punto central la estación 8. Las concentraciones extremas son 8.93 mg/l en la estación 8 y 5.98 mg/l en la estación 10 (fig. II.11).

#### Demanda bioquímica de oxígeno

Primer ciclo: En la parte central de la Bahía de Manzanillo la DBO presenta un comportamiento más o menos homogéneo, fluctuando los valores entre 0.20 y 0.40 mg/l, mostrándose un aumento gradual hacia el Puerto Exterior y otro aumento hacia el Noroeste de la bahía donde se encuentra la desembocadura del Río Salahuá y el complejo turístico Las Hadas. En la Bahía de Santiago la concentración va disminuyendo desde la estación 4 hasta el centro de aquella, aumentando después hacia mar adentro (fig. II.12). El valor máximo de DBO fue de 6.45 mg/l en la estación 24 y el valor mínimo fue de 0.00 mg/l en las estaciones 2,3,5,6,15,16 y 17 (fig. II.3).

Segundo ciclo: En la Bahía de Manzanillo se observan isolíneas concéntricas comprendidas entre las estaciones 14, 17 y 24 con valores que van desde 0.40 hasta 2.50 mg/l. En la parte Sureste

de la bahía existen unas isolíneas que corren de Norte a Sur y cuyas concentraciones van disminuyendo de la costa hacia mar adentro. Existen también otras isolíneas que parten del Oeste de Punta Santiago, se dirigen hacia el centro de la Bahía de Manzanillo y de ahí a Punta Ventanas, las concentraciones disminuyen hacia mar adentro (fig. II.13). En la Bahía de Santiago la concentración es más o menos uniforme ya que en la mayor parte se presenta un valor de 0.00 mg/l. Sin embargo hay un ligero incremento hacia la costa y uno más fuerte hacia la desembocadura de la Laguna Juluapan. El valor más alto de DBO se encuentra en la estación 19 con 4.13 mg/l y el menor está localizado en una isolínea cerrada que comprende varias estaciones con 0.00 mg/l en la Bahía de Santiago (fig. II.13).

Tercer ciclo: Se presenta un grupo de isolíneas concéntricas que se encuentran al Sur de Punta Santiago con valores que van de 0.40 a 2.00 mg/l y cuyo centro es la estación 32. Hacia el Noroeste de la Bahía de Manzanillo la concentración tiende a aumentar en isolíneas que toman la forma de la costa y en el Puerto Exterior se observan concentraciones muy elevadas (fig. II.14). Dentro de la Bahía de Santiago se observan isolíneas concéntricas no cerradas con valores que van de 0.40 a 1.96 mg/l y que se centran en la estación 8. El valor más alto se encuentra en la estación 20 con 9.84 mg/l y el menor con 0.00 mg/l se localizó en las estaciones 10, 13, 27, 30 y 31 (fig. II.3 y II.14).

#### Amonio

Primer ciclo: En la Bahía de Manzanillo las isolíneas corren perpendiculares a la costa, disminuyendo la concentración del Puerto Exterior hacia el centro de la bahía y de aquí aumenta hacia Punta Santiago (fig II.15). En la Bahía de Santiago las isolíneas corren también en forma perpendicular a la costa pero se cierran doblándose hacia Punta Santiago y la concentración aumenta de los extremos de la bahía hacia la estación 8, en esta última se encuentra la concentración mayor que es de 18.089 µgat/l y la concentra.

ción menor se localiza en la estación 1 con un valor de 0.062  $\mu\text{gat}/\text{l}$  (fig. II.15).

Segundo ciclo: En la Bahía de Manzanillo la concentración disminuye de la costa hacia mar adentro hasta llegar a un mínimo de 2.0  $\mu\text{gat}/\text{l}$  que está entre las estaciones 28 y 29 y de ahí se incrementa hacia la estación 32. En las regiones Sur y Sureste de la bahía existe un intervalo de concentración de 1.0 a 6.0  $\mu\text{gat}/\text{l}$  (fig. II.16). En la Bahía de Santiago se presentan isolíneas concéntricas que abarcan toda la bahía, con valores que van de 5.0 a 9.0  $\mu\text{gat}/\text{l}$ , centrándose en la estación número 8, fuera de estas isolíneas la concentración disminuye hacia mar adentro (fig. II.16). Los valores extremos son 37.130  $\mu\text{gat}/\text{l}$  en la estación 16 y 0.305  $\mu\text{gat}/\text{l}$  en la estación 1.

Tercer ciclo: En la Bahía de Manzanillo las isolíneas tienen forma de "2" partiendo de Punta Santiago pasando por Playa Azul, entre las estaciones 14 y 32 para finalmente llegar a Punta Ventanas; otras salen de Playa Las Brisas y van hacia las estaciones 33 y 31 encerrando al Puerto Exterior (fig. II.17). En la Bahía de Santiago existen pocas isolíneas y siguen el contorno de la costa, esto indica poca variación en la concentración de amonio. En ambas bahías la concentración disminuye de la costa hacia mar adentro. la zona de mayor concentración es el Puerto Exterior. Los valores extremos son 10.336  $\mu\text{gat}/\text{l}$  en la estación 19 y 0.192  $\mu\text{gat}/\text{l}$  en las estaciones 11, 12, 13 y 25 (fig. II.3 y II.17).

### Nitritos

Primer ciclo: La distribución superficial de nitritos disminuye su concentración de la costa de ambas bahías hacia mar adentro. Las isolíneas se unen en ambas bahías describiendo una forma "puntiaguda" que señala hacia la estación 16, observándose mayores concentraciones en la Bahía de Manzanillo. El valor más elevado de nitritos es de 0.1170  $\mu\text{gat}/\text{l}$  encontrándose en la estación 15 y la menor es de 0.0000  $\mu\text{gat}/\text{l}$  en la estación 1 (fig. II.18).



Segundo ciclo: La concentración superficial de nitritos en la Bahía de Manzanillo disminuye de la costa hacia mar abierto con iso líneas semicirculares que se alargan hacia el Sur de la bahía. En la Bahía de Santiago la concentración, disminuyendo de la costa hacia mar adentro, describe isolíneas irregulares (fig. II.19). Las zonas de alta concentración se localizan en Playa Santiago, en el extremo Noroeste de la Bahía de Manzanillo y en Playa Azul. El valor máximo fue de 0.0660  $\mu\text{gat}/\text{l}$  localizándose en la estación 15 y el mínimo fue de 0.0000  $\mu\text{gat}/\text{l}$  y se encontró en las estaciones 8, 24 y 28.

Tercer ciclo: La concentración en ambas bahías va disminuyendo en dirección a mar abierto. En la Bahía de Manzanillo hay dos manchas de regular tamaño, una de 0.0060  $\mu\text{gat}/\text{l}$  y otra de 0.0030  $\mu\text{gat}/\text{l}$ , más o menos en el centro y Sur de la bahía, respectivamente. En la Bahía de Santiago existe otra mancha más extendida que va de extremo a extremo y hacia mar abierto, con un valor de 0.0060  $\mu\text{gat}/\text{l}$  (fig. II.20). La menor concentración se presentó en la estación 33 con un valor de 0.0019  $\mu\text{gat}/\text{l}$  y la mayor se encuentra en las estaciones 2 y 6 con un valor de 0.0217  $\mu\text{gat}/\text{l}$ .

#### Nitratos

Primer ciclo: Existen isolíneas que parten desde el centro de ambas bahías y convergen en el Sur de Punta Santiago, en dirección de la estación 1. La concentración disminuye de la estación 14 hacia mar adentro. En la Bahía de Manzanillo existen zonas de alta concentración en el Noroeste de la misma, en Playa Las Brisas, en el Puerto Exterior y en la región comprendida entre la estación 26 y Punta Ventanas (fig. II.21). En la Bahía de Santiago las zonas de alta concentración se localizan entre las estaciones 4 y 6 así como en Playa La Audiencia, en la estación 10. El valor máximo se encuentra en la estación 31 y fue de 8.301  $\mu\text{gat}/\text{l}$  mientras que el mínimo fue de 0.025  $\mu\text{gat}/\text{l}$  y se localizó en las estaciones 11 y 23 (fig. II.21).

Segundo ciclo: La distribución superficial de nitratos en la Bahía de Manzanillo sigue el contorno de la costa y va disminuyendo hacia mar adentro. En el centro de las dos bahías partiendo de Punta Santiago, existe una gran mancha en forma de "trébol" con concentración uniforme de 0.400  $\mu\text{gat}/\text{l}$ . En la Bahía de Santiago el incremento de concentración se da de Punta Jualuapan hacia Punta Santiago, teniendo las isolíneas forma de "lengüeta". Las zonas de mayor concentración están en Playa Santiago, La Audiencia, frente al Río Salahua, en Playa las Brisas y en el Puerto Exterior. El valor máximo fue de 5.396  $\mu\text{gat}/\text{l}$  en la estación 22 y el mínimo fue de 0.128  $\mu\text{gat}/\text{l}$  en la estación 3 (fig. II.22).

Tercer ciclo: En la bahía de Manzanillo las isolíneas de nitratos siguen el contorno de la costa disminuyendo la concentración hacia mar abierto. Existe una baja concentración en la zona central de la bahía. En el extremo Oeste de la Bahía de Santiago existen manchas como "lenguetas" que se extienden hacia la estación 34 y que son concéntricas en la estación 7 con valores de 0.400 a 1.200  $\mu\text{gat}/\text{l}$  ( fig II.23). Del centro de la bahía hacia el extremo Este aumenta la concentración. Los valores más altos se encuentran en Playa La Audiencia, desembocadura del Río Salahua, Playa Azul y el Puerto Exterior. Las concentraciones extremas fueron 7.543  $\mu\text{gat}/\text{l}$  en la estación 16 y 0.057  $\mu\text{gat}/\text{l}$  en las estaciones 24 y 28.

#### Ortofosfatos

Primer ciclo: Se observa que la concentración de ortofosfatos tiende a disminuir de Punta Santiago hacia mar abierto con isolíneas que toman más o menos la forma del contorno de la Punta y se extienden en ambas bahías. La concentración disminuye desde la costa de la Bahía de Santiago hacia mar abierto (fig. II.24). En la Bahía de Manzanillo se observa el mismo comportamiento ya que la concentración decrece también hacia altmar, pero existen unas isolíneas "triangulares" al Sur de la Bahía, entre las estaciones 1, 31

y 35, cuyos valores van de 0.100 a 2.240  $\mu\text{gat}/\text{l}$  (fig. II.24). Las zonas de mayor concentración se localizan en Playa Santiago, Playa La Audiencia, frente a la desembocadura del Río Salahua y al Sur de la Bahía de Manzanillo. La máxima concentración se observó en la estación 34 con un valor de 2.240  $\mu\text{gat}/\text{l}$  y la mínima en las estaciones 1 y 35 con un valor de 0.000  $\mu\text{gat}/\text{l}$ .

Segundo ciclo: La distribución superficial de ortofosfatos tiende a aumentar en la Bahía de Santiago desde la Playa Miramar hasta la Playa de La Audiencia y disminuye hacia mar abierto, como decrece también en la Bahía de Manzanillo. Similar al ciclo anterior, hay unas isolíneas de forma "triangular", entre las estaciones 1, 31 y 35 con valores de 0.200 a 3.600  $\mu\text{gat}/\text{l}$ . Las zonas de mayor concentración se encuentran frente a la costa de la Bahía de Manzanillo, en el Puerto Exterior y hacia Punta Ventanas (fig. II.25). La máxima concentración de ortofosfatos en este ciclo se presentó en la estación 19 con 7.456  $\mu\text{gat}/\text{l}$  y la menor en la estación 12 con 0.088  $\mu\text{gat}/\text{l}$ .

Tercer ciclo: En este ciclo la concentración de ortofosfatos tiende a disminuir hacia mar adentro en isolíneas que toman la forma del contorno de la Bahía de Manzanillo. Entre las dos bahías, a la altura de Punta Santiago, se hace concéntrica la distribución de ortofosfatos con valores de 0.1 a 0.2  $\mu\text{gat}/\text{l}$ . En la Bahía de Santiago la concentración disminuye de la misma manera, es decir, hacia mar adentro. Las zonas de mayor concentración son el Noroeste de la Bahía de Manzanillo, el Puerto Exterior y la región cercana a Punta Ventanas (fig. II.26). La máxima concentración se localiza en la estación 35 con 1.009  $\mu\text{gat}/\text{l}$  y la mínima en las estaciones que están en la parte media de ambas bahías, hacia mar adentro, con valores 0.000  $\mu\text{gat}/\text{l}$ .

#### Sulfatos

Primer ciclo: La distribución de sulfatos en este ciclo disminuye desde la costa de la Bahía de Manzanillo, en isolíneas que to

man su forma, hasta el centro de la misma y describen una trayectoria en forma de "2", llegando a la estación 34 y de donde la concentración tiende a aumentar hacia mar adentro (fig. II.27). En la Bahía de Santiago la concentración va aumentando del extremo Este hacia el extremo Oeste, en isolíneas más o menos transversales a la costa. Hacia mar abierto la concentración de sulfatos aumenta en isolíneas que se unen a las de la Bahía de Manzanillo. La máxima concentración de sulfatos se encuentra en la estación 23 con 3077 mg/l y la menor en la estación 6 con 730 mg/l (fig. II.27)

Segundo ciclo: La concentración de sulfatos tiende a disminuir de la zona Noroeste de la Bahía de Manzanillo hacia mar abierto a la altura de Punta Santiago (fig. II.28). En la Bahía de Santiago se observa un comportamiento diferente, ya que en ésta la concentración va aumentando hacia mar adentro. La concentración de sulfatos para este ciclo es menos heterogéneo en ambas bahías excepto en el Puerto Exterior donde hay mayores fluctuaciones. En la Bahía de Manzanillo también hay concentraciones que disminuyen de la costa hacia las estaciones 28 y 32 y de ahí aumenta hacia mar abierto. La mayor concentración se localiza en la estación 18 con 4590 mg/l y la menor en la estación 22 con 930 mg/l (fig. II.28).

Tercer ciclo: La distribución superficial va disminuyendo concéntricamente de 2500 a 2100 mg/l en la Bahía de Manzanillo, centrándose en la estación 25. En la Bahía de Santiago, siguiendo su contorno, la distribución de sulfatos es más o menos homogénea con valores cercanos a 2500 y 2600 mg/l (fig. II.29). En ambas Bahías la concentración aumenta hacia mar abierto. Los valores extremos son 2777 mg/l en las estaciones 1, 34 y 35 y 2094 mg/l en las estaciones 11 y 25.

#### Alcalinidad

Primer ciclo: No se hicieron las determinaciones por carencia de potenciómetro.

Segundo ciclo: En la Bahía de Santiago las isolíneas siguen

el contorno de la costa pero después forman dos manchas concéntricas grandes; una rodea la estación 8 con valores de 2.28 a 2.41 meq/l y la otra llega casi hasta la estación 1 con valores de 2.28 a 2.45 meq/l (fig. II.30). En la Bahía de Manzanillo hay una gran mancha concéntrica con forma "romboidal" que se centra en la estación 32 teniendo valores de 2.22 a 2.48 meq/l. Existen también manchas de concentración que se extienden sobre la costa, una que va desde Punta Santiago hasta la estación 25 con un intervalo de 2.22 a 2.38 meq/l y otra que va de la estación 16 a la 18 pasando por la 29 de 2.09 a 2.19 meq/l. En el Puerto Exterior la concentración es más elevada y va de 2.22 a 2.49 meq/l. Desde las estaciones 1 a 33 hasta Punta Ventanas se presentan "arcos" que señalan un aumento de concentración en dirección Sur (fig. II.30). Los valores extremos son 2.491 y 2.090 meq/l encontrados en las estaciones 23 y 18 respectivamente.

Tercer ciclo: En la Bahía de Manzanillo las isolíneas salen de los extremos y convergen en el centro de la misma en dirección de la estación 1 (fig. II.31); la concentración disminuye de la costa hacia mar adentro. En la Bahía de Santiago las isolíneas parten de Punta Juluapan y se dirigen hacia la Playa Santiago para después seguir en dirección Sur hacia mar abierto. La concentración aumenta de Oeste a Este. Las zonas de mayor concentración se localizan en la desembocadura del Río Salagua, en el centro de la Bahía de Manzanillo y en el Puerto Exterior. La concentración máxima fue de 2.463 meq/l presentándose en la estación 15 y la concentración mínima fue de 2.220 meq/l y se encontró en la estación 11 localizada en la Bahía de Santiago (fig. II.31).

#### Coliformes totales

En toda la Bahía de Santiago y hacia mar abierto la concentración de coliformes totales fue menor de 1000 org/100 ml en los tres ciclos de muestreo (fig. II.32). En la Bahía de Manzanillo se presentaron las siguientes concentraciones de coliformes totales: Concentraciones mayores de 11 000 org/100 ml se dieron en las esta

ciones 22 primer ciclo, 25 tercer ciclo y 31 en este mismo ciclo. Concentraciones entre 1000 y 11 000 org/100 ml se presentaron en las estaciones 15 en los tres ciclos, 20 y 28 en los ciclos primero y tercero, 24, 25 y 31 en el primer ciclo y 30 en el tercer ciclo. Concentraciones menores de 1 000 org/100 ml se encontraron en las estaciones 20, 25 y 28 segundo ciclo, 22 y 24 en los ciclos segundo y tercero y en todas las demás estaciones durante los tres ciclos (fig. II.32).

#### Coliformes fecales

La concentración de coliformes fecales en la Bahía de Santiago durante los tres ciclos de muestreo y desde la costa hasta mar adentro, se presentó menor a 200 org/100 ml, excepto en la estación 6 segundo ciclo donde se encontró una concentración entre 200 y 1 000 org/100 ml (fig. II.33). En la Bahía de Manzanillo la situación fue la siguiente:

Concentraciones mayores de 1 000 org/100 ml se detectaron en las estaciones 15, 20, 25 y 28 en los ciclos primero y tercero, 22 y 24 en el primer ciclo, 30 y 31 en el tercer ciclo.

Concentraciones entre 200 y 1 000 org/100 ml las hubo en las estaciones 18, 26, 31 y 34 en el primer ciclo, 15 en el segundo ciclo, 19 en el tercer ciclo y 21 en los tres ciclos.

Concentraciones menores de 200 org/100 ml, halladas en las estaciones 18, 22, 24, 26 y 34 en los ciclos segundo y tercero, 20, 25 y 28 en el segundo ciclo, 19 en el primero y segundo ciclos y todas las restantes en los tres ciclos de muestreo (fig II.33).

#### Corrientes

Primer ciclo: En la Bahía de Santiago se encontró una tendencia de circulación de las aguas Oeste-Sureste, mientras que en la Bahía de Manzanillo se observó en dirección Este-Suroeste (fig. II. 34). Las mayores magnitudes se encontraron en las estaciones 8, 29 y 32, las menores en las estaciones 12, 14, 26 y 34 (tabla I.3).

Segundo ciclo: En la Bahía de Santiago, la circulación de las aguas presenta una dirección Oeste-Sur-Oeste, en tanto que en la de Manzanillo se dan dos comportamientos, uno de Punta Ventanas hacia Playa Azul con movimiento del agua en dirección Noroeste-Este y otro de la parte media de la bahía hacia Punta Santiago con circulación Oeste-Suroeste (fig. II.35). En este ciclo las magnitudes de las corrientes resultaron menores que en el anterior, los valores más altos se encontraron en las estaciones 8 y 14, los más bajos en las estaciones 13, 25, 29 y 32 (tabla I.4).

Tercer ciclo: En este ciclo el movimiento de corrientes, desde el Este de la Bahía de Manzanillo toma una dirección Oeste-Suroeste, rodea la Punta Santiago para adentrarse en la bahía del mismo nombre, recorriéndola en dirección Oeste-Suroeste y finalmente se desplaza hacia el Sur de ambas bahías (fig. II.36). Las magnitudes vuelven a ser relativamente elevadas, hallándose los valores más altos en las estaciones 12 y 28 y los más bajos en las estaciones 1 y 13 (tabla I.5).

#### Datos meteorológicos

Estos datos se utilizaron únicamente como parámetros de apoyo, siendo los resultados obtenidos los siguientes:

Primer ciclo: Es en éste donde se encontró la velocidad de los vientos más alta y la precipitación pluvial más abundante aunque ya casi al final, encontrándose valores hasta de 50 Km/h para la primera y de 51.4 mm para la segunda. La velocidad de los vientos más pequeña fue de 3 Km/h y la mínima precipitación pluvial fue de 0.0 mm. En cuanto a la temperatura de aire se detectó una fluctuación de  $7.6^{\circ}\text{C}$ , siendo el valor máximo  $31.8^{\circ}\text{C}$  y el mínimo  $24.2^{\circ}\text{C}$  (tabla I.2).

Segundo ciclo: Para este ciclo la velocidad de los vientos es menos variable y los valores extremos son 18 y 5 Km/h. La precipitación pluvial disminuyó, el valor máximo fue de 9.2 mm y el mínimo de 0.0 mm. Los valores extremos de la temperatura de aire en contrador durante este ciclo fueron  $26.9$  y  $32.8^{\circ}\text{C}$ , más altos que en

el ciclo anterior, existiendo un intervalo de  $5.9^{\circ}\text{C}$  (tabla I.2).

Tercer ciclo: En este ciclo la velocidad de los vientos fue aún más homogénea, encontrándose en la mayoría de las estaciones una velocidad de 10 Km/h; El valor máximo fue de 11 Km/h y el mínimo de 5 Km/h. La precipitación pluvial descendió a su nivel mínimo siendo en todos los casos de 0.0 mm. La temperatura del aire varía entre  $26.0$  y  $32.0^{\circ}\text{C}$  habiendo una fluctuación de  $6.0^{\circ}\text{C}$  (tabla I.2).



## VI. DISCUSION DE RESULTADOS

En este capítulo se hará una breve discusión de los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros analizados, tomando en cuenta para ello los límites establecidos por la legislación mexicana o los valores reportados en la literatura como normales para agua de mar. En el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de aguas (SARH, 1973) se han clasificado las aguas costeras en función de sus usos y características de calidad. De acuerdo al objetivo de este trabajo, las aguas estudiadas caen dentro de la clase C2, que corresponde a aquellas destinadas a uso recreativo con contacto primario. En el mismo reglamento se señalan algunos límites permisibles en base a las condiciones naturales existentes en el cuerpo de agua, por lo que es necesario aclarar qué se entiende por condiciones naturales y determinar cuáles fueron las prevalecientes en el área de estudio.

Por calidad natural del agua se entiende el conjunto de características físicas, químicas y bacteriológicas que presenta el agua en su estado natural en ríos, lagos, manantiales, subsuelo o en el mar (SSA, 1981). En base al párrafo anterior se deduce que en un área de estudio determinada las condiciones naturales serán aquellas que se encuentren en zonas donde no haya influencia alguna por las actividades del hombre, sean industriales, portuarias, turísticas, municipales o de cualquier otra índole.

En el presente estudio se encontró que las zonas más afectadas por la actividad humana son las siguientes:

- Zona del Puerto Exterior.- Incluye las estaciones 19, 20, 21, 22, 23 y 27; tiene actividad portuaria y turística, además de conexión con la Laguna de Cuyutlán a través de un túnel subterráneo y con la Laguna de San Pedrito por medio del canal que comunica al Puerto Exterior con el Puerto Interior, a donde llegan aportes contami-

nantes, provenientes para la primera, de la zona urbana aldeaña y para la segunda, de los barcos y actividades propias del Puerto Interior. Ver figura II.3.

- Zona de la línea de costa de la Bahía de Manzanillo. Incluye las estaciones 15, 16, 17 y 18; está influenciada por la actividad turística y por el aporte del Río Salagua que pasa por el pueblo del mismo nombre( est. 15, fig. II.3 ).

- Zona central de la Bahía de Manzanillo. Engloba las estaciones 24, 25, 26, 28, 29 y 32, incluyendo además la estación 14 y viéndose afectada por las mismas causas que la zona anterior pero aparte por la descarga de los barcos que se encuentren anclados en esa área (fig. II.3).

- Zona sur de la Bahía de Manzanillo. Contiene a las estaciones 30, 31, 33, 34 y 35, se puede ver alterada por la descarga de aguas negras de la ciudad, de los barcos y por la Laguna de Cuyutlán con la que se comunica por el canal de Ventanas (fig. II.3).

- Zona de la línea de costa de la Bahía de Santiago. Incluye a las estaciones 2, 3, 4, 5, 6 y 10 y se influncia por la actividad turística y los aportes de la Laguna Juluapan y el Arroyo Santiago (fig. II.3).

- Zona Central de la Bahía de Santiago. Estaciones 7, 8, y 9, se incluye también la estación 12 y es una zona que se ve afectada por los mismos factores que en el caso anterior (fig. II.3).

Por otra parte, como es común en este tipo de estudios, una bahía se divide en tres zonas:

- Zona de rompiente. Es a donde llegan directamente la mayoría de las diferentes descargas y se localiza a lo largo de la línea de costa.

- Zona de dilución o difusión. Se ubica aproximadamente a un kilómetro de la costa.

- Zona de control o testigo. Se encuentra aproximadamente a cinco kilómetros de la costa.

De acuerdo a esta división, las estaciones que caerían en la primera de las zonas son la 2, 3, 4, 5, 6, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 30 y la 31; las que comprendería la segunda zona son la 7, 8, 9, 11, 24, 25, 26, 27, 34 y la 35; por último, las que quedarían incluidas en la tercera zona son la 1, 12, 13, 14, 32 y la 33 (fig. II.2 y II.3). En la práctica no fue exactamente así debido a las siguientes razones: la estación 33 puede verse afectada por las aguas negras de la ciudad de cuyo punto de descarga está relativamente cerca; la estación 32 es un punto de probable contaminación por descargas de los barcos circulantes; las estaciones 12 y 14 pueden verse alteradas a causa del gran desarrollo turístico que hay en Punta Santiago y de la cual se encuentran también relativamente cerca; finalmente, la estación 11 aunque cercana a la Punta Juluapan es una de las más alejadas de la influencia contaminante porque en ésta no existe desarrollo alguno de tipo turístico ni industrial ni de ninguna otra clase. Por tales motivos, dentro de la zona de dilución no quedó comprendida la estación 11 ni en la zona testigo entraron las estaciones 12, 14, 32 y 33, pudiéndose integrar esta última únicamente con las estaciones 1, 11 y 13.

Por lo tanto, derivado de todo lo antes expuesto, se tiene que las condiciones naturales son las que prevalecieron en las estaciones 1, 11 y 13 en cada uno de los ciclos de muestreo, exponiéndose las mismas a lo largo de la discusión de resultados.

#### Transparencia

No puede ser analizada con respecto a la legislación mexicana porque establece límites con base en una media mensual que deberá compararse contra la media mensual calculada para las condiciones naturales en el mismo periodo de muestreo y dicha media no puede ser obtenida en este estudio porque solo se realizó una determinación mensual en cada estación. La discusión se hará entonces con -

forme al Modelo de Control de Contaminación para Aguas Marítimas, usado en España para zonas de baño (USA, 1981) y donde se establece como límite mínimo de transparencia 1.50 m .

Sobre transparencia no es mucho lo que hay que discutir puesto que en todas las estaciones fuera de la línea de costa se obtienen valores arriba del límite permitido durante los tres ciclos de muestreo, únicamente en las estaciones de playa se encuentran valores menores a 1.50 m pero no por poca transparencia sino por baja profundidad, siendo ésta igual a aquella (tablas I.3, I.4, I.5) no reflejándose la existencia de un aporte que provoque turbidez en las aguas y pudiéndose entonces considerar como aguas limpias, en relación a la transparencia, al cumplir con el límite fijado para ésta.

#### Temperatura

Los límites marcados para este parámetro por la legislación mexicana son : condiciones naturales C.N.  $\pm 10\%$  y nunca deberá excederse de  $32^{\circ}\text{C}$ .

Para el primer ciclo las condiciones naturales fueron de 28.5 a  $30.0^{\circ}\text{C}$  y de acuerdo al reglamento los valores mínimo y máximo permisibles debieron ser 25.6 y  $33.0^{\circ}\text{C}$ ; en el segundo ciclo las condiciones naturales fueron de 29.0 a  $30.0^{\circ}\text{C}$ , resultando como límites permitidos 26.1 y  $33.0^{\circ}\text{C}$ ; por último, en el tercer ciclo se obtuvieron condiciones naturales en el intervalo 27.0 a  $27.8^{\circ}\text{C}$  con valores permisibles entre los límites 24.3 y  $30.6^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, como la misma legislación lo señala, la temperatura nunca deberá excederse de  $32^{\circ}\text{C}$  y por ello los límites inferior y superior reales

serán: primer ciclo 25.6 y  $32.0^{\circ}\text{C}$

segundo ciclo 26.1 y  $32.0^{\circ}\text{C}$

tercer ciclo 24.3 y  $30.6^{\circ}\text{C}$

Primer ciclo: Las temperaturas que se registraron durante este ciclo en las dos bahías se encontraron dentro de los límites per

mitidos, considerándose por lo tanto, en lo que se refiere a este parámetro, como aguas de buena calidad.

Segundo ciclo: Durante este ciclo hubo temperaturas más bajas que en el anterior, pudiendo esto indicar un ascenso de agua fría o bien que el aporte de agua dulce hacia las bahías se presentó con bajas temperaturas. Ninguna de las temperaturas registradas quedó fuera de los límites permitidos.

Tercer ciclo: En este ciclo es donde se registraron las temperaturas más bajas debido probablemente a la cercanía de la estación más fría del año, pero todos los valores registrados cayeron dentro de los límites que marca el reglamento. Los resultados obtenidos indican que en este ciclo así como en el anterior, el agua de ambas bahías fue de buena calidad, en cuanto a temperatura se refiere.

#### Salinidad

En el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de aguas (SARH, 1973) no está contemplada la salinidad como parámetro para determinar la calidad del agua pero en la bibliografía se reportan como valores normales para agua de mar aquellos que se encuentren aproximadamente entre 33 y 35 ‰, indicándose que pueden variar con la estación del año y según se trate de alta mar o zonas costeras, pudiendo ser en estas últimas más bajos, sobre todo si existen aportes de agua dulce (Harvey, 1957; Sverdrup, 1970; Brower y Zar, 1980; SSA, 1981).

Primer ciclo: La salinidad en este ciclo es baja con respecto al intervalo de 33 a 35 ‰. Sin embargo, tomando en cuenta que las condiciones naturales son 28.7 a 30.1 ‰ y que en las zonas costeras es natural que se observen concentraciones bajas de salinidad, puede ser que los resultados obtenidos para este parámetro sean normales.

Segundo ciclo: Para este ciclo la salinidad presentó un incre

mento general (C.N.\* 31.8 a 34.1°/oo) y varias estaciones tuvieron valores dentro del intervalo de 33. a 35°/oo, pero el resto se encontró todavía abajo de éste, lo que da como resultado una salinidad global ligeramente baja. En la parte Noroeste de la Bahía de Manzanillo se observó una salinidad más pequeña (fig. II.8) que probablemente se deba al aporte de agua dulce del Río Salagua cuyo cauce pudo haber aumentado por las lluvias propias de la época.

Tercer ciclo: No se determinó la salinidad (ver capítulo V).

pH

La legislación mexicana establece como límites para este parámetro C.N.† 0.3.

Primer ciclo: No se determinó pH (ver capítulo V)

Segundo ciclo: C.N. pH entre 8.12 y 8.14. Límites permisibles 7.82 y 8.44. Todos los valores se encontraron dentro de estos límites.

Tercer ciclo: C.N. pH de 8.01 a 8.19. Límites permitidos 7.71 y 8.49. También en este ciclo todos los valores cayeron dentro del intervalo permitido.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que en cuanto a pH la calidad del agua es buena, no manifestándose ningún aporte contaminante de origen ácido o alcalino. Por otro lado, en la literatura aparecen reportados como valores de pH normales para agua de mar, los que estén alrededor de 8.0 (Rosales, 1980) y de 8.3 (Riley et.al., 1975) lo que viene a corroborar la naturalidad del agua de las bahías, en cuanto a este parámetro se refiere, esto hace pensar que la salinidad también fue normal, puesto que de no haberlo sido se hubiera reflejado en los valores de pH.

Color y Olor

La legislación mexicana señala que no deberá descargarse ningún efluente con estas características a menos que se haya demos -

trado que no es perjudicial para el desarrollo de la vida acuática, la apariencia física o el uso óptimo del cuerpo receptor.

Conforme a los resultados obtenidos de color y olor, se puede decir que no existen aportes con estas características en ningún lugar de ambas bahías y por ello que el agua es de buena calidad, excepto en la zona Sureste de la Bahía de Manzanillo donde se presentaron durante los tres ciclos de muestreo colores y olores diferentes a los normales, debido probablemente a las descargas de los barcos, las obras portuarias y las descargas de aguas negras de la ciudad, siendo por ello el agua de mala calidad en esta área.

#### Materia flotante

La legislación mexicana indica que la materia flotante debe estar ausente. En las estaciones ubicadas fuera del Puerto Exterior y del punto de descarga de aguas negras de la ciudad, en donde se encontró materia flotante, se trató solamente de troncos o ramas de árboles que probablemente llegaron al mar arrastrados por los ríos, arroyos o lagunas que desembocan en las bahías; mientras que la materia flotante encontrada en esos lugares estaba compuesta no solo de troncos y ramas sino también de basura, pedazos de madera, peces muertos, desechos municipales, etc. cuyo origen se encuentra en las distintas actividades humanas. Por lo tanto, en estas zonas el agua se considera de mala calidad y en el resto del área de estudio, también en relación a materia flotante, de buena calidad.

#### Grasas y aceites

La legislación mexicana establece: ningún aceite o producto de petróleo debe ser descargado en cantidades que:

- I. Pueda ser detectado como una película visible, o
- II. pueda causar manchas en peces y/o organismos invertebrados,

ó

III. forme depósitos de lodo aceitoso en la costa o en el fondo del cuerpo receptor, ó

IV. se vuelva tóxico.

En la Bahía de Manzanillo, con base en grasas y aceites, el agua se puede considerar de mala calidad puesto que se observaron repetidas veces manchas de aceite en algunas estaciones; en la 25, 27 y 32 debido tal vez a derrames de barcos anclados en esas áreas; en la 30 y 31 quizá por descargas de aguas negras de la ciudad; en las ubicadas dentro del Puerto Exterior originadas probablemente por derrames de los barcos y de las operaciones de abastecimiento de combustible (Muelle de PEMEX); finalmente, por el lodo aceitoso ("chapopote") encontrado en las playas de las estaciones 17 y 18 (fig. II.3).

El agua en la Bahía de Santiago se puede decir que es de buena calidad ya que nunca se encontraron manchas de aceites en el mar ni de depósitos aceitosos en las playas.

#### Oxígeno disuelto

La concentración presente de oxígeno disuelto es el resultado de la producción del fitoplancton, e influyen en ella factores físicos como movimientos de marea, entrada y salida de agua entre oceano y lagunas, vientos locales, oleaje, precipitación pluvial y descargas de aguas negras y fluviales, así como el consumo de éste por los organismos (Brower y Zar, 1980). El Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas (SARH, 1973) señala como límite mínimo el 90% de las condiciones naturales aclarando que la cantidad de oxígeno disuelto nunca deberá ser menor de 3.0 mg/l.

Primer ciclo: Condiciones naturales 6.87-7.38 mg/l. Límite mínimo permitido 6.20 mg/l. Durante este ciclo únicamente en la estación 21 (Puerto Exterior) se encontró una concentración abajo del



límite y fue de 3.69 mg/l, debiéndose quizá a la existencia de petróleo o derivados que dificultan la disolución de oxígeno en el agua, pero como esto solamente ocurrió en una estación y en todas las demás los valores fueron normales, se puede considerar en general que la calidad del agua es buena

Segundo ciclo: Condiciones naturales 5.48 a 7.71 mg/l; límite mínimo permisible 4.93 mg/l. Para este ciclo la concentración de oxígeno se vió incrementada en la Bahía de Manzanillo y todos los valores son más altos de 4.93 mg/l. En la Bahía de Santiago la mayoría de los valores están también por encima del límite, sin embargo, existe una pequeña área al Este de Punta Juluapan (fig. II. 10) donde hay una concentración ligeramente abajo del mismo, debido probablemente a condiciones microzonales de excesivo zooplancton sobre el fitoplancton, poca incidencia luminosa, menor movimiento de las aguas, etc. (González Márquez) ya que no se registra algún aporte externo que favorezca un fuerte consumo de oxígeno y a que la DBO para esa zona es de 0.00 mg/l (fig. II.13) y la cantidad de coliformes es menor de 30 (tabla I.4) lo que refleja un agua limpia. Por lo tanto, al igual que en ciclo anterior se considera que el agua es de buena calidad.

Tercer ciclo: Condiciones Naturales 7.11 a 7.52 mg/l. Límite mínimo permitido 6.40 mg/l. Las concentraciones se observaron bastante altas, sobre todo en la Bahía de Santiago, permitiendo esto decir que el agua es de buena calidad en ambas bahías excepto en las estaciones 10 (Playa La Audiencia) y 22 (Muelle de Pemex) donde se encontró un poco abajo del límite a causa tal vez de la actividad turística para el primer caso y a derrames de petróleo en el segundo.

#### Demanda bioquímica de oxígeno

Como ya se mencionó en el capítulo IV, la DBO es un indicador de la cantidad de materia orgánica presente en el agua que al su -

frir procesos de descomposición demanda una basta cantidad de oxígeno disuelto a través de una población heterogénea de microorganismos, de tal manera que un valor alto en la DBO indica la presencia de gran cantidad de materia orgánica, la cual puede proceder de las actividades metabólicas de los organismos y de las descargas de origen humano como son las aguas negras.

Para este y los siguientes parámetros excepto coliformes, no se encuentran límites en la legislación mexicana por lo que se hará uso de los valores reportados como normales en la bibliografía. En un estudio sobre aguas de la Secretaría de Salud (SSA, 1981) se mencionan los siguientes criterios de calidad de agua con base en la DBO:

- 50 mg/l aguas contaminadas con mayor o menor grado de pe  
ligrosidad

- 20 mg/l aguas regularmente contaminadas

- 5 mg/l aguas no contaminadas

De acuerdo a los valores anteriores se puede decir que el agua de las bahías en general no está contaminada puesto que en los tres ciclos se obtuvieron casi todos los valores menores a 5 mg/l, no siendo así en la estación 24 para el primer ciclo donde se encontró un valor de 6.45 mg/l (fig. II.12) indicando una ligera contaminación, debida quizá a las descargas de aguas negras del complejo turístico de Las Hadas; tampoco en estaciones del Puerto Exterior donde siempre se encontraron los valores más altos y que para el tercer ciclo llegaron a ser de 9.84 y 6.57 mg/l en las estaciones 20 y 21, respectivamente, lo que señala una cierta contaminación que probablemente se deba a descargas de barcos y aportes de la Laguna de Cuyutlán (fig. II.14).

#### Amonio

La Secretaría de Salud menciona en el mismo trabajo sobre aguas (SSA, 1981) como límite extremo de amonio para aguas de mar 55 µgat/l. Puesto que en ninguno de los tres ciclos se excedió al-

guna vez el límite permitido de amonio sino que siempre se mantuvo muy por debajo de él, se puede considerar, en relación a este parámetro, que el agua de las dos bahías es de buena calidad. No se refleja la existencia de aportes que contengan compuestos nitrogenados en vías de descomposición, al menos en cantidades tales que contaminen a las bahías, sobre todo tomando en cuenta que el zoo - plancton contribuye con el 50% aproximadamente del total de amonio presente en los océanos (Martin, 1970).

#### Nitritos

Según Sverdrup (1970) las concentraciones normales de nitritos en agua de mar van de 0.01 a 3.50  $\mu\text{gat/l}$ . Los valores encontrados durante los tres ciclos de muestreo fueron bastante bajos en ambas bahías (fig. II.18, II.19, II.20) indicando, en lo que respeta a nitritos, que el agua es de buena calidad.

#### Nitratos

La bibliografía señala que el intervalo normal para aguas marinas es de 0.1 a 43.0  $\mu\text{gat/l}$  (Sverdrup, et.al., 1970). Al igual que en el caso anterior las concentraciones halladas durante los tres ciclos fueron muy bajas, pudiéndose decir, con base en los nitratos que el agua es de buena calidad (fig. II.21, II.22, II.23).

#### Ortofosfatos

Es la forma utilizable del fósforo aún cuando en condiciones normales está presente en bajas concentraciones (Martin, 1970; Brower y Zar, 1980). Se encuentra presente en aguas superficiales de mar en concentraciones de 0.0 a 3.0  $\mu\text{gat/l}$  (Sverdrup, et. al., 1970). Únicamente las estaciones 19 y 34, en el segundo ciclo, presentaron concentraciones arriba del límite superior debidas probablemente a las descargas de aguas negras de los barcos y de la ciudad, aportes de la Laguna de Cuyutlán y a las precipitaciones plu-

viales propios de la época. Esto hace pensar en un agua de mala calidad, sin embargo, como en el resto del área de estudio para ese ciclo y en toda el área para los ciclos primero y tercero se encontraron concentraciones dentro del intervalo normal, se considera de acuerdo a fosfatos que en general el agua es de buena calidad.

### Sulfatos

Harvey (1957) reporta como normal un valor de 2760 mg/l de sulfatos y Sverdrup, et. al. (1970) señalan como concentraciones normales las comprendidas entre 2711 y 3671 mg/l para aguas superficiales de mar.

Primer ciclo: En este ciclo las concentraciones de sulfatos resultaron muy bajas, concordando con una salinidad baja encontrada también en este ciclo y reflejando un agua limpia en cuanto a sulfatos y por lo tanto de buena calidad (fig. II.27).

Segundo ciclo: En este ciclo, al igual que ocurrió con la salinidad, las concentraciones de sulfatos se vieron incrementadas pero no sobrepasaron el límite superior de valores normales excepto en el Puerto Exterior donde se encontraron muy elevadas quizá a causa de los derrames de combustible. Se considera entonces que el agua, en relación a sulfatos, es de mala calidad en el Puerto Exterior pero de buena calidad en el resto del área de estudio (fig. II.28).

Tercer ciclo: Se presentaron concentraciones bajas y una distribución más o menos homogénea considerando por ello, que el agua es de buena calidad también en este ciclo (fig. II.29).

### Alcalinidad

Para aguas de mar no contaminadas el valor normal de alcalinidad es de aproximadamente 2.41 meq/l (Riley y Skirrow, 1975). En el segundo y tercer ciclos (el primero no se hizo, ver capítulo V) se obtuvieron valores de alcalinidad bastante homogéneos en ambas

bahías y muy cercanos al dado como normal para agua de mar, esto aunado al hecho de que los valores de pH y de salinidad (con los cuales tiene íntima relación) fueron también normales, permite considerar que el agua es de buena calidad de acuerdo a este parámetro y que no existe algún aporte contaminante de origen ácido o alcalino (fig. II.30 y II.31).

#### Coliformes totales y fecales

La legislación mexicana establece que la cantidad de bacterias coliformes cuantificadas con la técnica del número más probable debe ser menor de 1 000 org/100 ml. Orozco y Gutiérrez (1983) mencionan como límite máximo para bacterias coliformes fecales para aguas de mar, cuantificadas con la misma técnica, 200 org/100ml. Para graficar la distribución de bacterias coliformes totales y fecales en las bahías (fig. II.32 y II.33) se establecieron arbitrariamente intervalos de concentración únicamente con el fin de observar con más claridad que tanto se excedieron los límites permitidos.

El agua en la Bahía de Manzanillo se puede decir que es de mala calidad puesto que frecuentemente se rebasaron los límites permisibles para bacterias coliformes tanto fecales como totales, sobre todo en la parte Noroeste cerca de Punta Santiago a causa tal vez de las descargas de aguas negras del complejo turístico Las Hadas y de las del pueblo de Salahuá arrastradas por el río del mismo nombre que desemboca en esa parte de la bahía. En la parte Sureste, debido probablemente a la actividad portuaria, las descargas de aguas negras de la ciudad, de los barcos y del complejo turístico Roca del Mar ( fig.II.32 y II.33 ).

En la Bahía de Santiago únicamente para el segundo ciclo y solo en la estación 6 (Playa Santiago) se rebasó el límite de coliformes fecales pero no el de totales; en el resto de las determinaciones realizadas en toda la bahía y durante los tres ciclos de muestreo se obtuvieron concentraciones menores a 1 000 org/100 ml

de coliformes totales y abajo de 200 org/100 ml de coliformes fecales, por lo que se puede considerar que el agua en esta bahía es de buena calidad.

Es conveniente señalar que en la Bahías de Manzanillo, aunque en repetidas ocasiones se obtuvieron concentraciones altas de bacterias coliformes, se encontraron también concentraciones pequeñas que cayeron dentro de los límites permitidos. Esto probablemente se debe a que el vertido de los distintos desechos no sea continuo, el tiempo de vida de los coliformes es corto en el agua (SARH, 1980), al movimiento de las aguas causado por el clima imperante en la época de muestreo, etc.; sin embargo, no por ello deja de ser peligroso el hecho de encontrar concentraciones elevadas de bacterias coliformes por el riesgo que conlleva para la salud pública ni cambia la consideración de que el agua en la Bahía de Manzanillo es de mala calidad.

#### Corrientes

Para las corrientes no puede haber límites de comportamiento y los resultados ya se expusieron en el capítulo anterior. Sin embargo, es necesario aclarar que las mediciones de corrientes se efectuaron en días y horas diferentes, es decir, no fueron mediciones simultáneas, por lo que no es posible determinar un patrón de circulación superficial que represente lo que sucede en las Bahías de Manzanillo y Santiago. Lo que sí se puede decir es que la circulación de las aguas se ve influenciada por la topografía del lugar, las precipitaciones pluviales, los vientos, etc. y es factible que se hayan dado las tendencias de circulación descritas en los resultados (Meyer Willerer).

Los resultados muestran que en la Bahía de Manzanillo frecuentemente se excedieron los límites permitidos en varios de los parámetros indicadores de contaminación y que en la Bahía de Santiago prácticamente nunca fueron excedidos.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. La calidad del agua en la Bahía de Manzanillo es distinta a la calidad del agua en la Bahía de Santiago.
2. El agua de la Bahía de Manzanillo no cumple con los requerimientos de calidad necesarios para ser usada con fines recreativos con contacto primario, mientras que el agua de la Bahía de Santiago sí satisface los requisitos de calidad indispensables para que se le dé ese uso.
3. La Bahía de Manzanillo presenta un agua de mala calidad, siendo los lugares más alterados en orden decreciente: el Puerto Exterior, la región Noroeste cercana a Punta Santiago, la franja costera de un kilómetro y la parte Sur de la Bahía.
4. En la Bahía de Santiago el agua es de buena calidad.
5. La zona de baño reúne las condiciones mínimas necesarias para no poner en peligro la salud de los bañistas únicamente en la Bahía de Santiago.
6. El impacto ambiental es menor en la Bahía de Santiago que en la de Manzanillo, manifestándose en general un decremento en la magnitud de aquel de la costa hacia mar adentro.

### Recomendaciones

1. Llevar a cabo acciones correctivas conducentes a acabar con la contaminación existente en la Bahía de Manzanillo.
2. Adoptar medidas preventivas para evitar el deterioro de las aguas de la Bahía de Santiago.
3. Vigilar que se cumpla la legislación establecida para el control y preservación de la calidad de las aguas.

4. Realizar inspecciones sanitarias de las aguas (en especial de bacterias coliformes) de manera continua, dotando a los departamentos competentes del personal y medios necesarios para esta labor.
5. Elaborar y aplicar programas efectivos para concientizar a la gente acerca del peligro de la contaminación de las aguas y para que sepan la manera en que cada uno puede contribuir a no incrementarla.



## VIII. ANEXOS

**Anexo I: Tablas**

TABLA I.1 POSICION DE LAS ESTACIONES Y FECHAS Y HORAS DE MUESTREO

| Número<br>de<br>Estación | Posición  |            | Fecha de muestreo con hora inicial y final |       |       |               |       |       |              |       |       |
|--------------------------|-----------|------------|--|-------|-------|---------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|                          | Latitud N | Longitud W | Primer Ciclo                               |       |       | Segundo Ciclo |       |       | Tercer Ciclo |       |       |
| 1                        | 19°03'14" | 104°22'03" | 5/sep/84                                   | 11:40 | 12:25 | 17/oct/84     | 12:23 | 13:06 | 26/nov/84    | 12:32 | 13:14 |
| 2                        | 19°06'18" | 104°24'02" | 27/ago/84                                  | 10:45 | 11:15 | 8/oct/84      | 8:30  | 8:50  | 5/nov/84     | 9:25  | 9:45  |
| 3                        | 19°06'44" | 104°23'49" | 27/ago/84                                  | 11:25 | 12:10 | 1/oct/84      | 8:00  | 8:20  | 5/nov/84     | 9:54  | 10:10 |
| 4                        | 19°07'07" | 104°22'37" | 24/ago/84                                  | 10:00 | 10:34 | 1/oct/84      | 8:28  | 8:50  | 5/nov/84     | 10:21 | 10:40 |
| 5                        | 19°06'41" | 104°21'20" | 24/ago/84                                  | 9:08  | 9:40  | 1/oct/84      | 9:00  | 9:20  | 5/nov/84     | 10:44 | 11:02 |
| 6                        | 19°06'32" | 104°21'10" | 24/ago/84                                  | 8:17  | 8:52  | 1/oct/84      | 9:26  | 9:45  | 5/nov/84     | 11:08 | 11:25 |
| 7                        | 19°06'16" | 104°23'36" | 13/sep/84                                  | 13:49 | 14:25 | 22/oct/84     | 14:14 | 14:50 | 19/nov/84    | 14:35 | 15:13 |
| 8                        | 19°06'40" | 104°22'32" | 13/sep/84                                  | 12:47 | 13:32 | 22/oct/84     | 13:26 | 14:00 | 19/nov/84    | 13:36 | 14:15 |
| 9                        | 19°06'19" | 104°21'28" | 13/sep/84                                  | 11:50 | 12:30 | 22/oct/84     | 12:30 | 13:05 | 19/nov/84    | 12:48 | 13:20 |
| 10                       | 19°06'11" | 104°21'04" | 24/ago/84                                  | 7:18  | 7:54  | 26/sep/84     | 8:35  | 8:59  | 5/nov/84     | 11:35 | 11:54 |
| 11                       | 19°04'52" | 104°23'46" | 5/sep/84                                   | 9:26  | 10:18 | 22/oct/84     | 15:12 | 15:50 | 19/nov/84    | 9:27  | 10:30 |
| 12                       | 19°05'40" | 104°22'23" | 13/sep/84                                  | 11:00 | 11:35 | 22/oct/84     | 11:25 | 12:15 | 19/nov/84    | 11:35 | 12:20 |
| 13                       | 19°04'44" | 104°22'41" | 5/sep/84                                   | 10:30 | 11:22 | 22/oct/84     | 10:28 | 11:12 | 19/nov/84    | 10:43 | 11:18 |
| 14                       | 19°04'49" | 104°21'43" | 13/sep/84                                  | 10:10 | 10:49 | 15/oct/84     | 13:35 | 14:08 | 21/nov/84    | 10:48 | 11:46 |
| 15                       | 19°06'08" | 104°20'33" | 23/ago/84                                  | 10:58 | 11:46 | 26/sep/84     | 9:19  | 9:37  | 24/oct/84    | 10:20 | 10:40 |
| 16                       | 19°05'51" | 104°19'30" | 23/ago/84                                  | 10:30 | 10:50 | 26/sep/84     | 10:44 | 11:08 | 24/oct/84    | 10:49 | 11:10 |
| 17                       | 19°04'55" | 104°18'40" | 23/ago/84                                  | 9:40  | 10:13 | 26/sep/84     | 11:15 | 11:45 | 24/oct/84    | 11:15 | 11:30 |
| 18                       | 19°03'48" | 104°18'21" | 23/ago/84                                  | 12:20 | 12:35 | 20/sep/84     | 11:30 | 11:47 | 24/oct/84    | 11:37 | 11:52 |
| 19                       | 19°03'40" | 104°18'14" | 31/ago/84                                  | 11:10 | 11:30 | 19/sep/84     | 12:30 | 12:50 | 29/oct/84    | 10:10 | 10:25 |
| 20                       | 19°03'22" | 104°18'36" | 22/ago/84                                  | 12:12 | 12:32 | 19/sep/84     | 11:22 | 11:42 | 29/oct/84    | 10:35 | 10:54 |

TABLA I.1 POSICION DE LAS ESTACIONES Y FECHAS Y HORAS DE MUESTREO (Continuación)

| Número<br>de<br>Estación | Posición  |            | Fecha de muestreo con hora inicial y final |       |       |               |       |       |              |       |       |
|--------------------------|-----------|------------|--|-------|-------|---------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|                          | Latitud N | Longitud W | Primer Ciclo                               |       |       | Segundo Ciclo |       |       | Tercer Ciclo |       |       |
| 21                       | 19°03'17" | 104°18'54" | 31/ago/84                                  | 9:15  | 9:45  | 19/sep/84     | 10:45 | 11:10 | 29/oct/84    | 11:01 | 11:23 |
| 22                       | 19°03'17" | 104°19'09" | 31/ago/84                                  | 9:50  | 10:05 | 19/sep/84     | 10:15 | 10:35 | 29/oct/84    | 11:27 | 11:55 |
| 23                       | 19°03'30" | 104°18'53" | 31/ago/84                                  | 10:15 | 10:35 | 19/sep/84     | 11:54 | 12:20 | 29/oct/84    | 9:42  | 10:00 |
| 24                       | 19°05'44" | 104°20'45" | 11/sep/84                                  | 13:53 | 14:30 | 15/oct/84     | 11:59 | 12:30 | 21/nov/84    | 13:10 | 13:48 |
| 25                       | 19°05'22" | 104°19'53" | 11/sep/84                                  | 13:06 | 13:40 | 15/oct/84     | 11:12 | 11:41 | 21/nov/84    | 14:06 | 14:44 |
| 26                       | 19°04'42" | 104°19'07" | 11/sep/84                                  | 12:10 | 12:50 | 15/oct/84     | 10:35 | 11:00 | 21/nov/84    | 15:03 | 15:38 |
| 27                       | 19°03'43" | 104°18'55" | -  | -     | -     | 20/sep/84     | 10:25 | 10:50 | 29/oct/84    | 9:05  | 9:30  |
| 28                       | 19°05'15" | 104°21'03" | 13/sep/84                                  | 9:16  | 10:00 | 15/oct/84     | 12:40 | 13:17 | 21/nov/84    | 12:01 | 12:55 |
| 29                       | 19°04'18" | 104°19'57" | 6/sep/84                                   | 9:08  | 10:06 | 15/oct/84     | 14:28 | 15:10 | 21/nov/84    | 15:54 | 16:33 |
| 30                       | 19°03'27" | 104°19'19" | -  | -     | -     | -             | -     | -     | 29/oct/84    | 8:32  | 8:50  |
| 31                       | 19°03'22" | 104°19'30" | 22/ago/84                                  | 10:12 | 10:25 | -             | -     | -     | 29/oct/84    | 8:05  | 8:22  |
| 32                       | 19°04'18" | 104°20'59" | 6/sep/84                                   | 10:20 | 11:36 | 22/oct/84     | 9:14  | 10:05 | 26/nov/84    | 13:30 | 14:08 |
| 33                       | 19°03'28" | 104°20'28" | 11/sep/84                                  | 11:08 | 11:50 | 17/oct/84     | 11:16 | 12:00 | 26/nov/84    | 8:30  | 9:10  |
| 34                       | 19°02'42" | 104°20'37" | 11/sep/84                                  | 10:10 | 10:55 | 17/oct/84     | 10:22 | 10:58 | 26/nov/84    | 9:24  | 10:01 |
| 35                       | 19°01'52" | 104°20'43" | 5/sep/84                                   | 12:46 | 13:28 | 17/oct/84     | 9:40  | 10:05 | 26/nov/84    | 10:15 | 10:58 |

TABLA I.2 DATOS METEOROLOGICOS DE LOS TRES CICLOS DE MUESTREO

| Número<br>de<br>Estación | Primer Ciclo |     |             |               | Segundo Ciclo |     |             |               | Tercer Ciclo |     |             |               |
|--------------------------|--------------|-----|-------------|---------------|---------------|-----|-------------|---------------|--------------|-----|-------------|---------------|
|                          | Vientos      |     | Temperatura | Precipitación | Vientos       |     | Temperatura | Precipitación | Vientos      |     | Temperatura | Precipitación |
|                          | vel          | dir | del aire    | pluvial       | vel           | dir | del aire    | pluvial       | vel          | dir | del aire    | pluvial       |
|                          | (Km/hr)      |     | (°C)        | (mm)          | (Km/hr)       |     | (°C)        | (mm)          | (Km/hr)      |     | (°C)        | (mm)          |
| 1                        | 50           | SE  | 31.6        | 1             | 5             | W   | -           | nula          | 10           | W   | 30.0        | nula          |
| 2                        | 20           | W   | 30.5        | nula          | 5             | SW  | 31.1        | 1.2           | 10           | SE  | 26.9        | nula          |
| 3                        | 20           | W   | -           | nula          | 15            | NW  | 28.0        | nula          | 10           | SE  | 32.0        | nula          |
| 4                        | 10           | SW  | 31.0        | inaprec       | 15            | NW  | 28.5        | nula          | 10           | SE  | 32.0        | nula          |
| 5                        | 10           | SW  | 28.9        | inaprec       | 15            | NW  | 30.0        | nula          | 10           | SE  | -           | nula          |
| 6                        | 10           | SW  | 28.0        | inaprec       | 15            | NW  | 30.6        | nula          | 10           | SE  | -           | nula          |
| 7                        | 5            | W   | 30.5        | 3             | 5             | W   | -           | nula          | 10           | W   | 30.0        | nula          |
| 8                        | 5            | W   | 30.5        | 3             | 5             | W   | -           | nula          | 10           | W   | 28.5        | nula          |
| 9                        | 5            | W   | 31.0        | 3             | 5             | W   | -           | nula          | 10           | W   | 28.5        | nula          |
| 10                       | 10           | SW  | 27.2        | inaprec       | 5             | W   | 26.9        | 9.2           | 10           | SE  | 32.5        | nula          |
| 11                       | 50           | SE  | 27.8        | 1             | 5             | W   | -           | nula          | 10           | W   | 26.0        | nula          |
| 12                       | 5            | W   | 30.5        | 3             | 5             | W   | -           | nula          | 10           | W   | 28.5        | nula          |
| 13                       | 50           | SE  | 30.0        | 1             | 5             | W   | -           | nula          | 10           | W   | 30.0        | nula          |
| 14                       | 5            | W   | 30.0        | 3             | 18            | NW  | 31.5        | nula          | 10           | W   | 28.5        | nula          |
| 15                       | 10           | SW  | 31.0        | 7.2           | 5             | W   | 30.0        | 9.2           | 10           | S   | 30.0        | nula          |
| 16                       | 10           | SW  | 31.0        | 7.2           | 5             | W   | 30.2        | 9.2           | 10           | S   | 30.0        | nula          |
| 17                       | 10           | SW  | 31.0        | 7.2           | 5             | W   | 30.0        | 9.2           | 10           | S   | 30.5        | nula          |
| 18                       | 10           | SW  | 31.8        | 7.2           | 5             | W   | 30.2        | 9.2           | 10           | S   | 30.5        | nula          |
| 19                       | 5            | SW  | 31.5        | inaprec       | 5             | W   | 31.0        | nula          | 5            | W   | 30.2        | nula          |

2

TABLA 1.2 DATOS METEOROLOGICOS DE LOS TRES CICLOS DE MUESTREO (Continuación)

| Número<br>de<br>Estación | Primer Ciclo |     |             |               | Segundo Ciclo |     |             |               | Tercer Ciclo |     |             |               |
|--------------------------|--------------|-----|-------------|---------------|---------------|-----|-------------|---------------|--------------|-----|-------------|---------------|
|                          | Vientos      |     | Temperatura | Precipitación | Vientos       |     | Temperatura | Precipitación | Vientos      |     | Temperatura | Precipitación |
|                          | vel          | dir | del aire    | pluvial       | vel           | dir | del aire    | pluvial       | vel          | dir | del aire    | pluvial       |
|                          | (Km/hr)      |     | (°C)        | (mm)          | (Km/hr)       |     | (°C)        | (mm)          | (Km/hr)      |     | (°C)        | (mm)          |
| 20                       | 10           | W   | 31.0        | 14.8          | 5             | W   | 31.0        | nula          | 10           | S   | 28.3        | nula          |
| 21                       | 5            | SW  | 28.5        | inaprec       | 5             | W   | 30.5        | nula          | 5            | W   | 30.2        | nula          |
| 22                       | 5            | SW  | 28.5        | inaprec       | 5             | W   | 30.5        | nula          | 5            | W   | 31.2        | nula          |
| 23                       | 5            | SW  | 31.0        | inaprec       | 5             | W   | 32.0        | nula          | 5            | W   | 31.2        | nula          |
| 24                       | 3            | NE  | 28.5        | 51.4          | 18            | NW  | 32.8        | nula          | 10           | W   | 30.0        | nula          |
| 25                       | 3            | NE  | 28.0        | 51.4          | 18            | NW  | 32.8        | nula          | 10           | W   | 30.0        | nula          |
| 26                       | 3            | NE  | 28.5        | 51.4          | 18            | NW  | 32.0        | nula          | 10           | W   | 29.5        | nula          |
| 27                       | -            | -   | -           | -             | 5             | W   | 29.0        | inaprec       | 5            | W   | 30.0        | nula          |
| 28                       | 5            | W   | 29.5        | 3             | 18            | NW  | -           | nula          | 10           | W   | 29.8        | nula          |
| 29                       | 5            | SE  | 28.9        | 46.0          | 18            | NW  | 30.0        | nula          | 10           | W   | 29.2        | nula          |
| 30                       | -            | -   | -           | -             | -             | -   | -           | -             | 5            | W   | 30.0        | nula          |
| 31                       | 10           | W   | 30.8        | 14.8          | -             | -   | -           | -             | 5            | W   | 30.0        | nula          |
| 32                       | 5            | SE  | 29.0        | 46.0          | 5             | W   | -           | nula          | 5            | SW  | 29.0        | nula          |
| 33                       | 3            | NE  | 27.0        | 51.4          | 5             | W   | 30.8        | nula          | 10           | W   | 29.7        | nula          |
| 34                       | 3            | NE  | 24.2        | 51.4          | 5             | W   | 30.8        | nula          | 10           | W   | 30.0        | nula          |
| 35                       | 50           | SE  | 31.3        | 1             | 5             | W   | 29.0        | nula          | 10           | W   | 30.0        | nula          |

TABLA I.3 RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL PRIMER CICLO DE MUESTREO

| Número de Estación | Profundidad máxima (m) | Transparencia (m) | Temperatura (°C) | Salinidad (‰) | pH | Color | Olor   | Materia flotante | Grasas y Aceites | Corrientes vel (cm/s) | dir |
|--------------------|------------------------|-------------------|------------------|---------------|----|-------|--------|------------------|------------------|-----------------------|-----|
| 1                  | 80                     | 22                | 30.0             | 30.1          | -  | F1    | Nat*   | Ausente          | No               | 12                    | NE  |
| 2                  | 1.50                   | 1.50              | 30.0             | 28.5          | -  | F4    | Nat    | Ausente          | No               | -                     | -   |
| 3                  | 1.00                   | 1.00              | 29.8             | 28.5          | -  | F6    | Nat    | Ausente          | No               | -                     | -   |
| 4                  | 1.20                   | 1.20              | 28.9             | 29.0          | -  | F4    | Nat    | Ausente          | No               | -                     | -   |
| 5                  | 1.20                   | 1.20              | 28.5             | 29.0          | -  | F4    | Nat    | Ausente          | No               | -                     | -   |
| 6                  | 1.20                   | 1.20              | 29.0             | 30.0          | -  | F3    | Nat    | Ausente          | No               | -                     | -   |
| 7                  | 13                     | 6                 | 30.0             | 31.0          | -  | F6    | Nat    | Ausente          | No               | 17                    | SE  |
| 8                  | 16                     | 7                 | 28.0             | 31.0          | -  | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 32                    | W   |
| 9                  | 21                     | 7                 | 28.5             | 31.5          | -  | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 18                    | SE  |
| 10                 | 1.00                   | 1.00              | 29.0             | 33.0          | -  | F3    | Nat    | Ausente          | No               | -                     | -   |
| 11                 | 40                     | 23                | 28.5             | 29.5          | -  | F1    | Nat    | Ausente          | No               | 20                    | W   |
| 12                 | 41                     | 10                | 28.0             | 31.5          | -  | F4    | Nat    | Ausente          | No               | 5                     | SSW |
| 13                 | 47                     | 22                | 30.0             | 28.7          | -  | F1    | Nat    | Ausente          | No               | 16                    | SE  |
| 14                 | 44                     | 9                 | 28.5             | 31.0          | -  | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 8                     | SE  |
| 15                 | 1.00                   | 1.00              | 28.8             | 28.0          | -  | F5    | Nat    | Ausente          | No               | -                     | -   |
| 16                 | 1.00                   | 1.00              | 29.2             | 30.0          | -  | F4    | Nat    | Ausente          | No               | -                     | -   |
| 17                 | 1.80                   | 1.80              | 29.2             | 30.0          | -  | F3    | Nat    | Ausente          | No               | -                     | -   |
| 18                 | 1.00                   | 1.00              | 30.0             | 30.5          | -  | F3    | Nat    | Ausente          | Sf               | -                     | -   |
| 19                 | 17                     | 3                 | 31.0             | 32.0          | -  | U6    | No Nat | Presente         | Sf               | -                     | -   |
| 20                 | 7                      | 6                 | 30.7             | 32.3          | -  | U7    | No Nat | Presente         | Sf               | -                     | -   |

TABLA I.3 RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL PRIMER CICLO DE MUESTREO (Continuación)

| Número de Estación | Profundidad máxima (m) | Transparencia (m) | Temperatura (°C) | Salinidad (‰) | pH | Color | Olor   | Materia flotante | Grasas y Aceites | Corrientes vel (cm/s) | dir |
|--------------------|------------------------|-------------------|------------------|---------------|----|-------|--------|------------------|------------------|-----------------------|-----|
| 21                 | 7                      | 3                 | 30.2             | 33.0          | -  | U7    | No Nat | Presente         | Sí               | -                     | -   |
| 22                 | 8                      | 4                 | 30.0             | 33.0          | -  | U7    | No Nat | Presente         | Sí               | -                     | -   |
| 23                 | 17                     | 5                 | 29.8             | 32.0          | -  | U7    | No Nat | Presente         | Sí               | -                     | -   |
| 24                 | 20                     | 11                | 28.5             | 30.5          | -  | F6    | Nat    | Ausente          | No               | 20                    | NW  |
| 25                 | 23                     | 13                | 28.0             | 30.5          | -  | F6    | Nat    | Ausente          | No               | 10                    | E   |
| 26                 | 23                     | 12                | 28.1             | 31.0          | -  | F6    | Nat    | Ausente          | No               | 4                     | N   |
| 27                 | -                      | -                 | -                | -             | -  | -     | -      | -                | -                | -                     | -   |
| 28                 | 32                     | 11                | 28.3             | 31.0          | -  | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 19                    | E   |
| 29                 | 36                     | 12                | 28.8             | 31.5          | -  | F2    | Nat    | Ausente          | No               | 31                    | SSW |
| 30                 | -                      | -                 | -                | -             | -  | -     | -      | -                | -                | -                     | -   |
| 31                 | 6                      | 6                 | 29.5             | 31.0          | -  | F3    | No Nat | Ausente          | Sí               | -                     | -   |
| 32                 | 42                     | 20                | 29.2             | 31.5          | -  | F2    | Nat    | Ausente          | Sí               | 35                    | SSW |
| 33                 | 54                     | 25                | 28.3             | 31.0          | -  | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 10                    | ENE |
| 34                 | 68                     | 20                | 28.1             | 31.0          | -  | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 5                     | W   |
| 35                 | 40                     | 20                | 29.7             | 31.0          | -  | F1    | Nat    | Ausente          | No               | 10                    | E   |

\* Nat = Natural



TABLA I.3 RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL PRIMER CICLO DE MUESTREO (Continuación)

| Número de Estación | Oxígeno disuelto (mg/l) | Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l) | Amonio (µgat/l) | Nitritos (µgat/l) | Nitratos (µgat/l) | Ortofosfatos (µgat/l) | Sulfatos (mg/l) | Alcalinidad (meq/l) | Coliformes totales NMP (org/100ml) | Coliformes fecales NMP (org/100ml) |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1                  | 7.38                    | 1.51                                 | 0.262           | 0.0000            | 0.465             | 0.000                 | 1639            | -                   | 90                                 | 90                                 |
| 2                  | 6.74                    | 0.00                                 | 3.182           | 0.0110            | 0.077             | 0.789                 | 2003            | -                   | 40                                 | 40                                 |
| 3                  | 6.90                    | 0.00                                 | 4.890           | 0.0130            | 0.387             | 0.438                 | 1821            | -                   | < 30                               | < 30                               |
| 4                  | 6.42                    | 0.72                                 | 15.230          | 0.0186            | 0.336             | 0.833                 | 1257            | -                   | < 30                               | < 30                               |
| 5                  | 6.42                    | 0.00                                 | 4.370           | 0.0186            | 7.060             | 0.454                 | 1047            | -                   | 40                                 | 40                                 |
| 6                  | 6.42                    | 0.00                                 | 2.760           | 0.0130            | 0.853             | 0.833                 | 730             | -                   | 40                                 | 40                                 |
| 7                  | 6.60                    | 0.39                                 | 4.510           | 0.0180            | 0.465             | 0.438                 | 1548            | -                   | 90                                 | 30                                 |
| 8                  | 6.89                    | 0.16                                 | 18.089          | 0.0170            | 0.465             | 0.394                 | 956             | -                   | 90                                 | 40                                 |
| 9                  | 6.71                    | 0.24                                 | 2.270           | 0.0223            | 1.293             | 0.394                 | 1047            | -                   | 30                                 | 30                                 |
| 10                 | 6.58                    | 0.38                                 | 2.976           | 0.0190            | 3.103             | 0.877                 | 1220            | -                   | 40                                 | 40                                 |
| 11                 | 6.89                    | 0.55                                 | 0.383           | 0.0082            | 0.025             | 0.394                 | 1730            | -                   | 750                                | 150                                |
| 12                 | 6.90                    | 0.02                                 | 9.875           | 0.0186            | 0.258             | 0.394                 | 1161            | -                   | 930                                | 90                                 |
| 13                 | 6.91                    | 0.89                                 | 0.323           | 0.0084            | 0.181             | 0.351                 | 1639            | -                   | 90                                 | 30                                 |
| 14                 | -                       | -                                    | 3.750           | 0.0018            | 2.043             | 0.526                 | 1434            | -                   | 230                                | 30                                 |
| 15                 | 6.42                    | 0.00                                 | 4.052           | 0.1170            | 4.965             | 2.190                 | 1420            | -                   | 11 000                             | 4 600                              |
| 16                 | 6.42                    | 0.00                                 | 1.639           | 0.0186            | 0.800             | 0.570                 | 1639            | -                   | < 30                               | < 30                               |
| 17                 | 6.42                    | 0.00                                 | 0.632           | 0.0148            | 0.517             | 0.394                 | 1675            | -                   | 150                                | 150                                |
| 18                 | 6.42                    | 2.47                                 | 5.542           | 0.0167            | 1.710             | 0.526                 | 1639            | -                   | 230                                | 230                                |
| 19                 | 7.38                    | 2.73                                 | 3.061           | 0.0130            | 0.077             | 0.219                 | 2822            | -                   | 90                                 | 90                                 |

TABLA I.3 RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL PRIMER CICLO DE MUESTREO (Continuación)

| Número de Estación | Oxígeno disuelto (mg/l) | Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l) | Amonio ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) | Nitritos ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) | Nitratos ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) | Ortofosfatos ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) | Sulfatos (mg/l) | Alcalinidad (meq/l) | Coliformes totales NMP (org/100ml) | Coliformes fecales NMP (org/100ml) |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 20                 | 6.42                    | 2.51                                 | 6.710                             | 0.0190                              | 1.189                               | 0.438                                   | 1711            | -                   | 4 600                              | 4 600                              |
| 21                 | 3.69                    | 2.69                                 | 6.711                             | 0.0297                              | 3.670                               | 0.131                                   | 3041            | -                   | 230                                | 230                                |
| 22                 | 6.58                    | 2.70                                 | 9.754                             | 0.0279                              | 1.370                               | 0.175                                   | 2731            | -                   | > 11 000                           | > 11 000                           |
| 23                 | 7.22                    | 2.89                                 | 2.148                             | 0.0167                              | 0.025                               | 0.090                                   | 3077            | -                   | 150                                | 150                                |
| 24                 | 6.45                    | 6.45                                 | 4.061                             | 0.0241                              | 6.130                               | 0.877                                   | 865             | -                   | 11 000                             | 11 000                             |
| 25                 | 6.45                    | 0.05                                 | 1.235                             | 0.0074                              | 0.801                               | 0.175                                   | 1001            | -                   | 2 100                              | 2 100                              |
| 26                 | 6.50                    | 0.66                                 | 0.627                             | 0.0093                              | 0.155                               | 0.219                                   | 1001            | -                   | 390                                | 390                                |
| 27                 | -                       | -                                    | -                                 | -                                   | -                                   | -                                       | -               | -                   | -                                  | -                                  |
| 28                 | 6.89                    | 0.44                                 | 4.095                             | 0.0018                              | 0.310                               | 0.482                                   | 1593            | -                   | 2 400                              | 2 400                              |
| 29                 | 6.74                    | 0.20                                 | 0.323                             | 0.0180                              | 0.155                               | 0.351                                   | 1730            | -                   | 40                                 | 40                                 |
| 30                 | -                       | -                                    | -                                 | -                                   | -                                   | -                                       | -               | -                   | -                                  | -                                  |
| 31                 | 6.70                    | 0.58                                 | 1.808                             | 0.0167                              | 8.301                               | 0.438                                   | 1074            | -                   | 1 400                              | 750                                |
| 32                 | 6.78                    | 0.29                                 | 0.809                             | 0.0154                              | 0.491                               | 0.351                                   | 1566            | -                   | 40                                 | 40                                 |
| 33                 | 6.45                    | 0.10                                 | 1.114                             | 0.0093                              | 0.103                               | 0.263                                   | 936             | -                   | 90                                 | 90                                 |
| 34                 | 6.31                    | 0.15                                 | 1.539                             | 0.0130                              | 0.077                               | 2.240                                   | 1548            | -                   | 390                                | 390                                |
| 35                 | 6.70                    | 0.14                                 | 0.383                             | 0.0037                              | 0.181                               | 0.000                                   | 1639            | -                   | 90                                 | 40                                 |

TABLA I.4 RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL SEGUNDO CICLO DE MUESTREO

| Número de Estación | Profundidad máxima (m) | Transparencia (m) | Temperatura (°C) | Salinidad (‰) | pH   | Color | Olor   | Materia flotante | Grasas y Aceites | Corrientes vel dir (cm/s) |
|--------------------|------------------------|-------------------|------------------|---------------|------|-------|--------|------------------|------------------|---------------------------|
| 1                  | 90                     | 14                | 29.5             | 34.0          | 8.13 | F6    | Nat*   | Ausente          | No               | 10 NSW                    |
| 2                  | 1.50                   | 1.50              | 28.0             | 33.5          | 8.13 | F5    | Nat    | Presente         | No               | - -                       |
| 3                  | 1.00                   | 1.00              | 27.2             | 33.5          | 8.13 | F8    | Nat    | Ausente          | No               | - -                       |
| 4                  | 1.20                   | 1.20              | 27.4             | 33.5          | 8.13 | F6    | Nat    | Ausente          | No               | - -                       |
| 5                  | 1.20                   | 1.20              | 28.5             | 33.5          | 8.14 | F8    | Nat    | Ausente          | No               | - -                       |
| 6                  | 1.20                   | 1.20              | 28.5             | 33.5          | 8.14 | F7    | Nat    | Presente         | No               | - -                       |
| 7                  | 15                     | 11                | 28.7             | 30.0          | 8.13 | F6    | Nat    | Ausente          | No               | 10 SSW                    |
| 8                  | 16                     | 9                 | 29.5             | 30.0          | 8.13 | F6    | Nat    | Ausente          | No               | 20 SSW                    |
| 9                  | 21                     | 9                 | 29.5             | 33.2          | 8.12 | F6    | Nat    | Ausente          | No               | 10 NW                     |
| 10                 | 1.00                   | 1.00              | 29.0             | 33.0          | 8.14 | F4    | Nat    | Ausente          | No               | - -                       |
| 11                 | 42                     | 12                | 29.0             | 34.1          | 8.12 | F4    | Nat    | Ausente          | No               | 10 W                      |
| 12                 | 41                     | 12                | 29.5             | 31.3          | 8.12 | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 10 W                      |
| 13                 | 52                     | 12                | 30.0             | 31.8          | 8.14 | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 4 W                       |
| 14                 | 48                     | 11                | 30.0             | 32.3          | 8.13 | F6    | Nat    | Ausente          | No               | 15 SW                     |
| 15                 | 1.00                   | 1.00              | 27.0             | 25.3          | 8.14 | F4    | Nat    | Presente         | No               | - -                       |
| 16                 | 1.00                   | 1.00              | 27.0             | 32.0          | 8.14 | F4    | Nat    | Ausente          | No               | - -                       |
| 17                 | 1.80                   | 1.80              | 27.5             | 32.0          | 8.14 | F4    | Nat    | Presente         | Sí               | - -                       |
| 18                 | 1.00                   | 1.00              | 27.0             | 32.0          | 8.14 | F4    | Nat    | Presente         | Sí               | - -                       |
| 19                 | 15                     | 7                 | 27.5             | 33.7          | 8.15 | F4    | Nat    | Presente         | Sí               | - -                       |
| 20                 | 8                      | 6                 | 27.0             | 30.5          | 8.14 | U6    | No Nat | Presente         | Sí               | - -                       |

TABLA I.4 RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL SEGUNDO CICLO DE MUESTREO (Continuación)

| Número de Estación | Profundidad máxima (m) | Transparencia (m) | Temperatura (°C) | Salinidad (‰) | pH   | Color | Olor   | Materia flotante | Grasas y Aceites | Corrientes vel (cm/s) | dir |
|--------------------|------------------------|-------------------|------------------|---------------|------|-------|--------|------------------|------------------|-----------------------|-----|
| 21                 | 8                      | 6                 | 27.0             | 31.0          | 8.14 | U7    | No Nat | Presente         | Sí               | -                     | -   |
| 22                 | 8                      | 5                 | 27.5             | 31.0          | 8.15 | U7    | No Nat | Presente         | Sí               | -                     | -   |
| 23                 | 17                     | 5                 | 27.5             | 31.0          | 8.15 | U6    | No Nat | Presente         | Sí               | -                     | -   |
| 24                 | 22                     | 11                | 29.5             | 27.4          | 8.10 | F6    | Nat    | Ausente          | No               | 5                     | SSW |
| 25                 | 23                     | 11                | 30.0             | 32.8          | 8.05 | F4    | Nat    | Ausente          | No               | 1                     | W   |
| 26                 | 23                     | 13                | 31.0             | 32.3          | 8.03 | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 10                    | E   |
| 27                 | 22                     | 17                | 28.0             | 30.0          | 8.10 | F5    | Nat    | Presente         | Sí               | -                     | -   |
| 28                 | 37                     | 10                | 30.0             | 32.0          | 8.16 | F4    | Nat    | Ausente          | No               | 5                     | SSW |
| 29                 | 40                     | 10                | 30.5             | 33.5          | 8.11 | F4    | Nat    | Ausente          | No               | 0                     |     |
| 30                 | -                      | -                 | -                | -             | -    | -     | -      | -                | -                | -                     | -   |
| 31                 | -                      | -                 | -                | -             | -    | -     | -      | -                | -                | -                     | -   |
| 32                 | 47                     | 12                | 31.0             | 34.1          | 8.12 | F5    | Nat    | Ausente          | Sí               | 1                     | SW  |
| 33                 | 50                     | 15                | 30.5             | 34.2          | 8.05 | F6    | Nat    | Ausente          | No               | 8                     | NNW |
| 34                 | 60                     | 18                | 30.0             | 33.5          | 8.10 | F6    | Nat    | Ausente          | No               | 10                    | W   |
| 35                 | 38                     | 16                | 28.0             | 32.5          | 8.09 | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 7                     | NW  |

\* Nat = Natural

TABLA I.4 RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL SEGUNDO CICLO DE MUESTREO (Continuación)

| Número de Estación | Oxígeno disuelto (mg/l) | Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l) | Amonio (µgat/l) | Nitritos (µgat/l) | Nitratos (µgat/l) | Ortofosfatos (µgat/l) | Sulfatos (mg/l) | Alcalinidad (meq/l) | Coliformes totales NMP (org/100ml) | Coliformes fecales NMP (org/100ml) |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1                  | 7.71                    | 0.03                                 | 0.305           | 0.0019            | 1.049             | 0.132                 | 2722            | 2.200               | < 30                               | < 30                               |
| 2                  | 8.70                    | 2.02                                 | 2.290           | 0.0169            | 0.716             | 0.132                 | 1630            | 2.175               | 750                                | < 30                               |
| 3                  | 6.39                    | 0.15                                 | 4.430           | 0.0094            | 0.128             | 0.175                 | 1911            | 2.175               | < 30                               | < 30                               |
| 4                  | 6.63                    | 0.44                                 | 2.450           | 0.0056            | 0.179             | 0.307                 | 2458            | 2.130               | < 30                               | < 30                               |
| 5                  | 6.48                    | 0.29                                 | 3.060           | 0.0056            | 3.222             | 0.263                 | 2434            | 2.145               | < 30                               | < 30                               |
| 6                  | 6.48                    | 0.59                                 | 2.760           | 0.0188            | 2.557             | 0.438                 | 2440            | 2.145               | 230                                | 230                                |
| 7                  | 4.20                    | 0.00                                 | 5.079           | 0.0019            | 0.924             | 0.219                 | 2458            | 2.231               | < 30                               | < 30                               |
| 8                  | 5.87                    | 0.00                                 | 9.723           | 0.0000            | 1.037             | 0.219                 | 2504            | 2.407               | < 30                               | < 30                               |
| 9                  | 7.13                    | 0.00                                 | 6.406           | 0.0094            | 0.754             | 0.877                 | 2595            | 2.310               | 40                                 | 40                                 |
| 10                 | 7.04                    | 0.15                                 | 5.270           | 0.0469            | 2.480             | 0.658                 | 3369            | 2.235               | 230                                | 90                                 |
| 11                 | 5.48                    | 0.00                                 | 5.411           | 0.0056            | 0.886             | 0.175                 | 2731            | 2.270               | < 30                               | < 30                               |
| 12                 | 4.02                    | 0.00                                 | 4.747           | 0.0037            | 0.528             | 0.088                 | 2549            | 2.300               | < 30                               | < 30                               |
| 13                 | 6.21                    | 0.00                                 | 3.421           | 0.0019            | 0.264             | 0.351                 | 2576            | 2.447               | < 30                               | < 30                               |
| 14                 | 8.05                    | 0.92                                 | 4.201           | 0.0037            | 0.256             | 0.175                 | 2549            | 2.205               | < 30                               | < 30                               |
| 15                 | 5.74                    | 0.13                                 | 9.500           | 0.0660            | 3.503             | 2.149                 | 5281            | 2.380               | 2 100                              | 230                                |
| 16                 | 6.33                    | 0.14                                 | 37.130          | 0.0338            | 1.892             | 0.526                 | 3004            | 2.150               | < 30                               | < 30                               |
| 17                 | 6.18                    | 0.89                                 | 8.680           | 0.0263            | 2.276             | 1.880                 | 3551            | 2.175               | < 30                               | < 30                               |
| 18                 | 6.94                    | 2.23                                 | 4.062           | 0.0225            | 1.995             | 0.401                 | 4590            | 2.090               | 40                                 | 40                                 |
| 19                 | 9.88                    | 4.13                                 | 6.476           | 0.0094            | 0.130             | 7.456                 | 1047            | 2.490               | 230                                | 40                                 |

TABLA I.4 RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL SEGUNDO CICLO DE MUESTREO (Continuación)

| Número de Estación | Oxígeno disuelto (mg/l) | Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l) | Amonio (µgat/l) | Nitritos (µgat/l) | Nitratos (µgat/l) | Ortofosfatos (µgat/l) | Sulfatos (mg/l) | Alcalinidad (meq/l) | Coliformes totales NMP (org/100ml) | Coliformes fecales NMP (org/100ml) |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 20                 | 7.41                    | 1.22                                 | 7.526           | 0.0066            | 0.997             | 0.395                 | 1275            | 2.479               | 40                                 | 40                                 |
| 21                 | 6.17                    | 2.14                                 | 8.003           | 0.0188            | 4.604             | 0.482                 | 1117            | 2.482               | 390                                | 390                                |
| 22                 | 6.48                    | 2.36                                 | 7.014           | 0.0188            | 5.396             | 0.877                 | 930             | 2.409               | 230                                | 150                                |
| 23                 | 7.41                    | 1.52                                 | 3.185           | 0.0037            | 0.153             | 0.395                 | 1912            | 2.491               | 230                                | 40                                 |
| 24                 | 7.88                    | 2.50                                 | 2.364           | 0.0000            | 0.376             | 0.439                 | 2631            | 2.195               | < 30                               | < 30                               |
| 25                 | 7.88                    | 1.81                                 | 5.231           | 0.0131            | 0.537             | 0.351                 | 2731            | 2.200               | < 30                               | < 30                               |
| 26                 | 7.88                    | 0.91                                 | 2.531           | 0.0150            | 1.381             | 0.526                 | 2731            | 2.180               | < 30                               | < 30                               |
| 27                 | 7.41                    | 1.22                                 | 1.853           | 0.0150            | 2.353             | 0.438                 | 4552            | 2.210               | < 30                               | < 30                               |
| 28                 | 8.05                    | 1.68                                 | 2.226           | 0.0000            | 0.332             | 0.438                 | 2131            | 2.228               | < 30                               | < 30                               |
| 29                 | 7.37                    | 0.83                                 | 1.331           | 0.0060            | 0.486             | 0.570                 | 2659            | 2.190               | < 30                               | < 30                               |
| 30                 | -                       | -                                    | -               | -                 | -                 | -                     | -               | -                   | -                                  | -                                  |
| 31                 | -                       | -                                    | -               | -                 | -                 | -                     | -               | -                   | -                                  | -                                  |
| 32                 | 7.49                    | 0.38                                 | 4.747           | 0.0037            | 0.151             | 0.395                 | 2185            | 2.480               | < 30                               | < 30                               |
| 33                 | 7.71                    | 0.95                                 | 0.702           | 0.0094            | 0.537             | 0.219                 | 2913            | 2.210               | < 30                               | < 30                               |
| 34                 | 7.19                    | 1.16                                 | 5.872           | 0.0056            | 0.486             | 3.600                 | 2140            | 2.285               | < 30                               | < 30                               |
| 35                 | 7.88                    | 0.93                                 | 0.636           | 0.0012            | 0.256             | 1.666                 | 3278            | 2.280               | < 30                               | < 30                               |

TABLA I.5 RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL TERCER CICLO DE MUESTREO

| Número de Estación | Profundidad máxima (m) | Transparencia (m) | Temperatura (°C) | Salinidad (‰) | pH   | Color | Olor   | Materia flotante | Grasas y Aceites | Corrientes vel dir (cm/s) |
|--------------------|------------------------|-------------------|------------------|---------------|------|-------|--------|------------------|------------------|---------------------------|
| 1                  | 60                     | 11                | 27.8             | -             | 8.19 | F4    | Nat*   | Ausente          | No               | 5 SSW                     |
| 2                  | 1.50                   | 1.50              | 27.9             | -             | 8.13 | F5    | Nat    | Ausente          | No               | - -                       |
| 3                  | 1.00                   | 1.00              | 28.3             | -             | 8.13 | F4    | Nat    | Ausente          | No               | - -                       |
| 4                  | 1.20                   | 1.20              | 28.0             | -             | 8.13 | F4    | Nat    | Ausente          | No               | - -                       |
| 5                  | 1.20                   | 1.20              | 28.0             | -             | 8.13 | F6    | Nat    | Ausente          | No               | - -                       |
| 6                  | 1.20                   | 1.20              | 29.5             | -             | 8.14 | F4    | Nat    | Ausente          | No               | - -                       |
| 7                  | 15                     | 8                 | 27.5             | -             | 8.03 | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 14 NE                     |
| 8                  | 16                     | 9                 | 28.0             | -             | 8.09 | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 22 SW                     |
| 9                  | 21                     | 11                | 27.8             | -             | 8.13 | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 10 N                      |
| 10                 | 1.00                   | 1.00              | 28.0             | -             | 8.14 | F5    | Nat    | Ausente          | No               | - -                       |
| 11                 | 40                     | 12                | 27.0             | -             | 8.01 | F6    | Nat    | Ausente          | No               | 20 E                      |
| 12                 | 34                     | 15                | 27.5             | -             | 8.02 | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 28 NW                     |
| 13                 | 48                     | 8                 | 27.5             | -             | 8.14 | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 6 ESE                     |
| 14                 | 44                     | 11                | 27.5             | -             | 7.97 | F5    | Nat    | Ausente          | No               | 26 NNW                    |
| 15                 | 1.00                   | 1.00              | 28.5             | -             | 8.08 | F6    | Nat    | Ausente          | No               | - -                       |
| 16                 | 1.00                   | 1.00              | 29.0             | -             | 8.20 | F6    | Nat    | Ausente          | No               | - -                       |
| 17                 | 1.80                   | 1.80              | 29.0             | -             | 8.25 | F6    | Nat    | Presente         | Sí               | - -                       |
| 18                 | 1.00                   | 1.00              | 29.0             | -             | 8.08 | F6    | Nat    | Presente         | Sí               | - -                       |
| 19                 | 14                     | 3                 | 28.5             | -             | 8.15 | U6    | No Nat | Presente         | Sí               | - -                       |
| 20                 | 7                      | 6                 | 29.0             | -             | 8.14 | U8    | No Nat | Presente         | Sí               | - -                       |

TABLA I.5 RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL TERCER CICLO DE MUESTREO (Continuación)

| Número<br>de<br>Estación | Profundidad<br>máxima<br>(m) | Transparencia<br>(m) | Temperatura<br>(°C) | Salinidad<br>(‰) | pH   | Color | Olor   | Materia<br>flotante | Grasas<br>y<br>Aceites | Corrientes<br>vel<br>(cm/s) | dir |
|--------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------|------------------|------|-------|--------|---------------------|------------------------|-----------------------------|-----|
| 21                       | 8                            | 6                    | 28.5                | -                | 8.14 | U8    | No Nat | Presente            | Sí                     | -                           | -   |
| 22                       | 8                            | 6                    | 28.3                | -                | 8.14 | U8    | No Nat | Presente            | Sí                     | -                           | -   |
| 23                       | 17                           | 10                   | 28.2                | -                | 8.15 | U7    | No Nat | Presente            | Sí                     | -                           | -   |
| 24                       | 22                           | 7                    | 28.0                | -                | 8.03 | F6    | Nat    | Ausente             | No                     | 20                          | SW  |
| 25                       | 22                           | 10                   | 28.0                | -                | 8.01 | F6    | Nat    | Presente            | Sí                     | 20                          | SW  |
| 26                       | 21                           | 12                   | 28.0                | -                | 8.01 | F5    | Nat    | Ausente             | No                     | 11                          | W   |
| 27                       | 22                           | 15                   | 28.0                | -                | 8.03 | F5    | Nat    | Presente            | Sí                     | -                           | -   |
| 28                       | 32                           | 11                   | 28.0                | -                | 8.03 | F6    | Nat    | Ausente             | No                     | 28                          | SW  |
| 29                       | 36                           | 10                   | 28.0                | -                | 8.02 | F4    | Nat    | Presente            | No                     | 22                          | NW  |
| 30                       | 6                            | 6                    | 28.3                | -                | 8.10 | F5    | Nat    | Presente            | Sí                     | -                           | -   |
| 31                       | 6                            | 6                    | 28.5                | -                | 8.00 | F5    | No Nat | Presente            | Sí                     | -                           | -   |
| 32                       | 42                           | 9                    | 27.5                | -                | 8.19 | F5    | Nat    | Ausente             | No                     | 8                           | E   |
| 33                       | 41                           | 10                   | 27.6                | -                | 8.18 | F6    | Nat    | Ausente             | No                     | 6                           | S   |
| 34                       | 52                           | 14                   | 27.5                | -                | 8.14 | F4    | Nat    | Ausente             | No                     | 10                          | SSW |
| 35                       | 36                           | 14                   | 28.4                | -                | 8.11 | F5    | Nat    | Ausente             | No                     | 14                          | NW  |

\* Nat = Natural



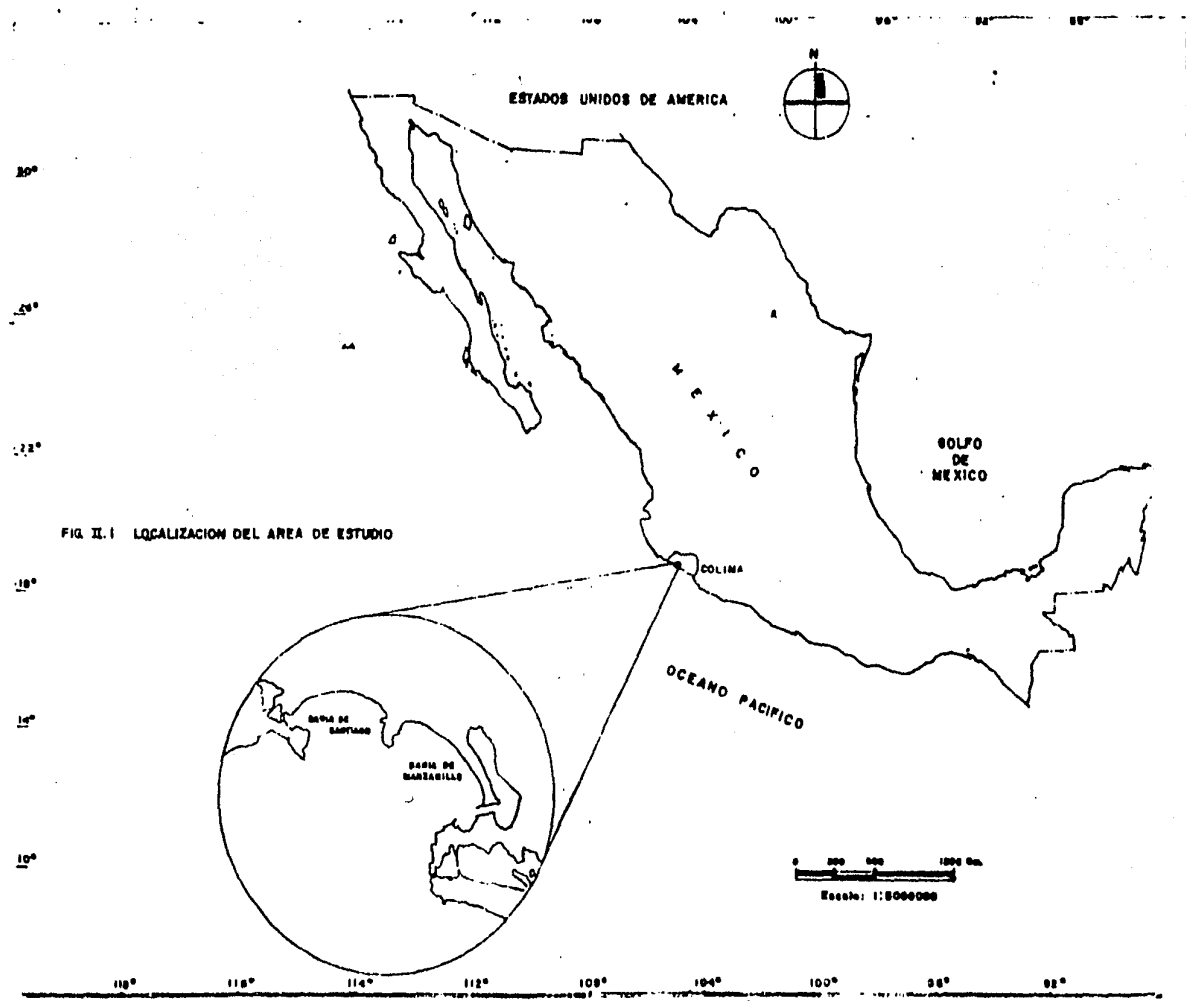
TABLA I.5 RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL TERCER CICLO DE MUESTREO (Continuación)

| Número de Estación | Oxígeno disuelto (mg/l) | Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l) | Amonio (µgat/l) | Nitritos (µgat/l) | Nitratos (µgat/l) | Ortofosfatos (µgat/l) | Sulfatos (mg/l) | Alcalinidad (meq/l) | Coliformes totales NMP (org/100ml) | Coliformes fecales NMP (org/100ml) |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1                  | 7.20                    | 0.44                                 | 1.730           | 0.0037            | 0.151             | 0.044                 | 2777            | 2.325               | 30                                 | 30                                 |
| 2                  | 8.49                    | 0.84                                 | 6.207           | 0.0207            | 0.396             | 0.351                 | 2594            | 2.330               | 90                                 | 90                                 |
| 3                  | 7.72                    | 0.24                                 | 4.051           | 0.0094            | 0.245             | 0.219                 | 2549            | 2.295               | < 30                               | < 30                               |
| 4                  | 7.52                    | 0.38                                 | 4.051           | 0.0094            | 0.453             | 0.175                 | 2549            | 2.300               | 40                                 | 40                                 |
| 5                  | 7.91                    | 0.38                                 | 4.393           | 0.0169            | 0.924             | 0.351                 | 2458            | 2.330               | < 30                               | < 30                               |
| 6                  | 7.33                    | 0.19                                 | 5.709           | 0.0207            | 1.716             | 0.331                 | 2549            | 2.280               | < 30                               | < 30                               |
| 7                  | 7.61                    | 0.48                                 | 4.130           | 0.0037            | 1.282             | 0.000                 | 2686            | 2.285               | 230                                | 30                                 |
| 8                  | 8.93                    | 1.96                                 | 4.205           | 0.0113            | 0.170             | 0.000                 | 2640            | 2.285               | 40                                 | 30                                 |
| 9                  | 7.36                    | 0.39                                 | 4.270           | 0.0037            | 0.151             | 0.044                 | 2503            | 2.290               | 230                                | 30                                 |
| 10                 | 5.98                    | 0.00                                 | 4.210           | 0.0094            | 2.979             | 0.351                 | 2594            | 2.340               | 40                                 | 40                                 |
| 11                 | 7.52                    | 0.87                                 | 0.192           | 0.0094            | 0.075             | 0.000                 | 2094            | 2.220               | 30                                 | 30                                 |
| 12                 | 7.36                    | 0.23                                 | 0.192           | 0.0037            | 0.113             | 0.000                 | 2276            | 2.245               | 150                                | 90                                 |
| 13                 | 7.11                    | 0.00                                 | 0.192           | 0.0075            | 0.509             | 0.000                 | 2595            | 2.290               | 90                                 | 30                                 |
| 14                 | 7.85                    | 1.04                                 | 0.570           | 0.0040            | 0.189             | 0.219                 | 2640            | 2.290               | 30                                 | 30                                 |
| 15                 | 7.35                    | 1.03                                 | 7.036           | 0.0169            | 6.223             | 0.877                 | 2276            | 2.463               | 2 100                              | 1 500                              |
| 16                 | 7.88                    | 0.96                                 | 4.383           | 0.0056            | 7.543             | 0.790                 | 2549            | 2.407               | 390                                | 70                                 |
| 17                 | 7.70                    | 0.59                                 | 3.385           | 0.0094            | 1.188             | 0.482                 | 2640            | 2.398               | 40                                 | 40                                 |
| 18                 | 7.53                    | 0.52                                 | 4.548           | 0.0037            | 0.302             | 0.526                 | 2594            | 2.390               | < 30                               | < 30                               |
| 19                 | 6.92                    | 2.83                                 | 10.386          | 0.0056            | 0.132             | 0.526                 | 2549            | 2.374               | 750                                | 750                                |

TABLA I.5 RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL TERCER CICLO DE MUESTREO (Continuación)

| Número de Estación | Oxígeno disuelto (mg/l) | Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l) | Amonio (µgat/l) | Nitritos (µgat/l) | Nitratos (µgat/l) | Ortofosfatos (µgat/l) | Sulfatos (mg/l) | Alcalinidad (meq/l) | Coliformes totales NMP (org/100ml) | Coliformes fecales NMP (org/100ml) |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 20                 | 6.48                    | 9.84                                 | 4.880           | 0.0188            | 1.580             | 0.877                 | 2549            | 2.393               | 4 600                              | 2 400                              |
| 21                 | 6.92                    | 6.57                                 | 6.738           | 0.0094            | 1.580             | 0.438                 | 2640            | 2.400               | 390                                | 390                                |
| 22                 | 6.30                    | 3.50                                 | 6.406           | 0.0094            | 1.433             | 0.438                 | 2640            | 2.394               | 70                                 | 70                                 |
| 23                 | 7.51                    | 2.70                                 | 6.406           | 0.0037            | 1.056             | 0.351                 | 2731            | 2.404               | 30                                 | 30                                 |
| 24                 | 7.69                    | 0.41                                 | 0.570           | 0.0094            | 0.057             | 0.000                 | 2458            | 2.365               | 30                                 | 30                                 |
| 25                 | 7.52                    | 0.24                                 | 0.192           | 0.0037            | 0.390             | 0.112                 | 2094            | 2.400               | > 11 000                           | 1 500                              |
| 26                 | 7.61                    | 0.73                                 | 0.488           | 0.0037            | 0.075             | 0.044                 | 2482            | 2.377               | 30                                 | 30                                 |
| 27                 | 7.11                    | 0.00                                 | 7.960           | 0.0037            | 0.528             | 0.526                 | 2731            | 2.370               | 30                                 | 30                                 |
| 28                 | 7.77                    | 0.33                                 | 0.570           | 0.0094            | 0.057             | 0.000                 | 2595            | 2.371               | 2 400                              | 2 100                              |
| 29                 | 7.85                    | 0.72                                 | 1.233           | 0.0094            | 0.245             | 0.000                 | 2276            | 2.404               | 30                                 | 30                                 |
| 30                 | 7.51                    | 0.00                                 | 8.064           | 0.0037            | 0.189             | 0.439                 | 2640            | 2.333               | 11 000                             | 2 400                              |
| 31                 | 7.51                    | 0.00                                 | 8.064           | 0.0037            | 0.377             | 0.307                 | 2640            | 2.317               | > 11 000                           | 4 600                              |
| 32                 | 6.45                    | 2.09                                 | 2.127           | 0.0056            | 0.226             | 0.219                 | 2731            | 2.402               | 40                                 | 30                                 |
| 33                 | 7.20                    | 0.61                                 | 3.687           | 0.0019            | 0.170             | 0.088                 | 2731            | 2.285               | 90                                 | 30                                 |
| 34                 | 6.97                    | 0.21                                 | 2.459           | 0.0037            | 0.358             | 0.088                 | 2777            | 2.265               | 90                                 | 30                                 |
| 35                 | 6.80                    | 1.22                                 | 0.967           | 0.0037            | 0.905             | 1.009                 | 2777            | 2.300               | 150                                | 150                                |

**Anexo II: Figuras**



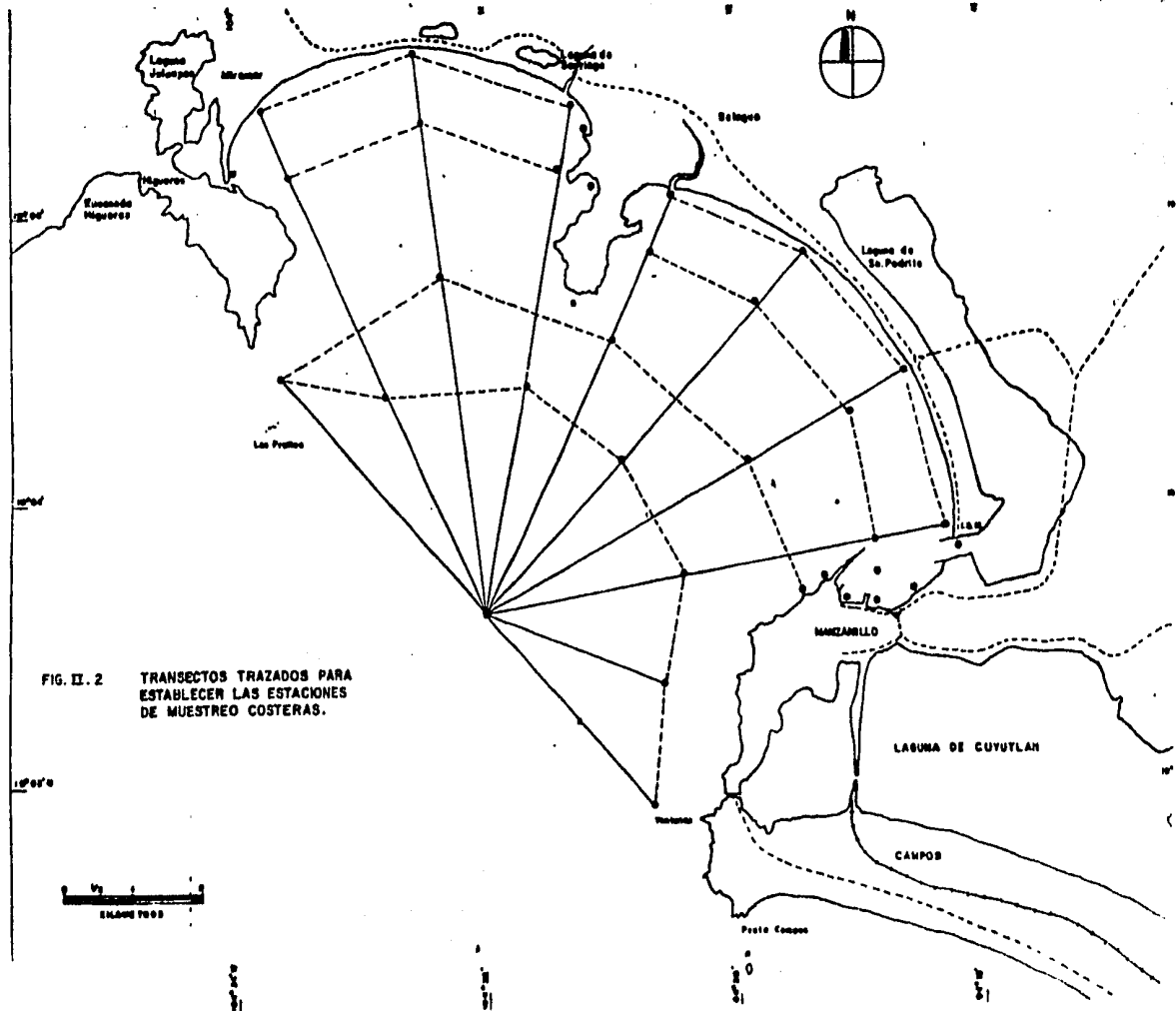


FIG. II. 2 TRANSECTOS TRAZADOS PARA ESTABLECER LAS ESTACIONES DE MUESTREO COSTERAS.

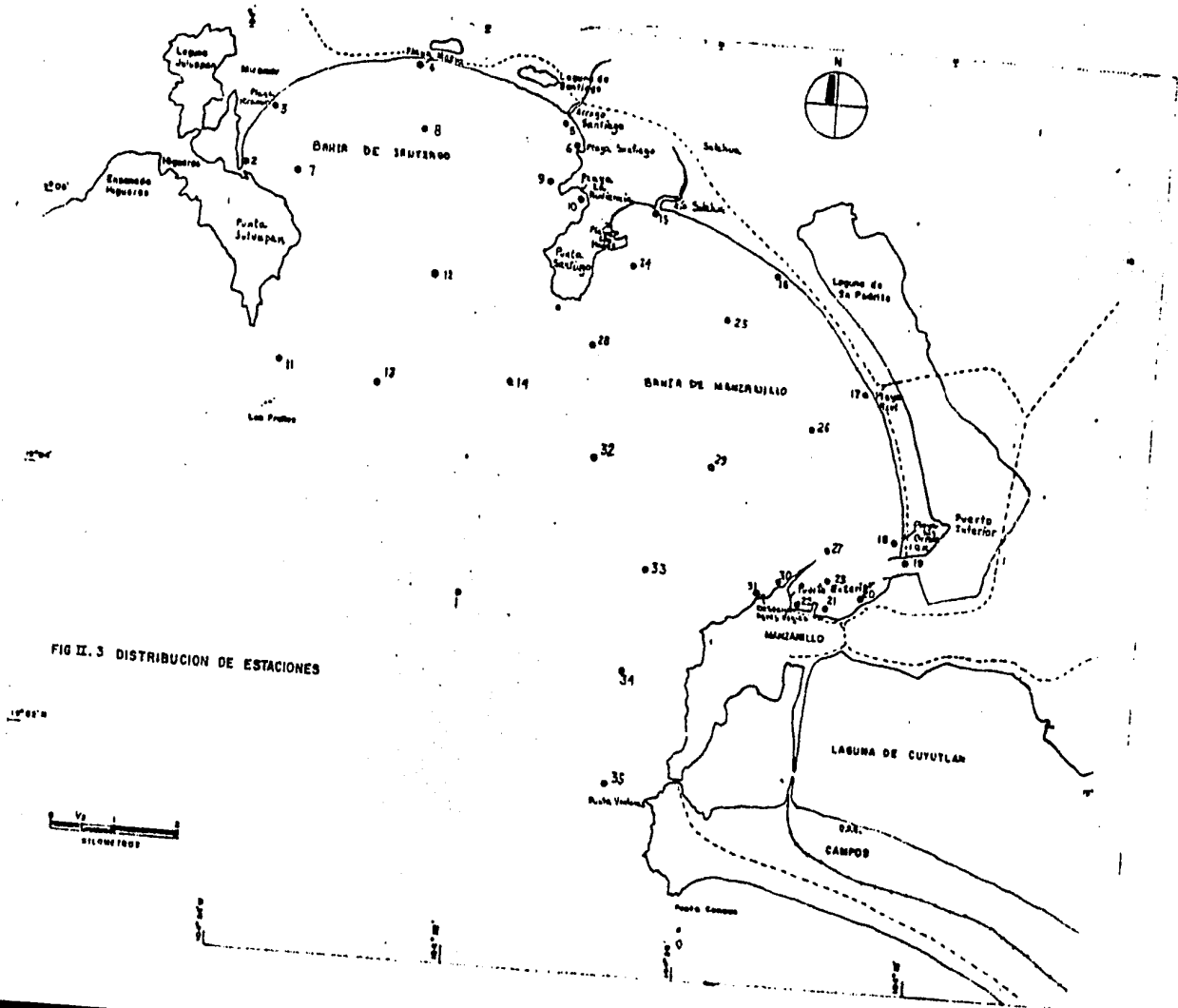


FIG. 2.3 DISTRIBUCION DE ESTACIONES

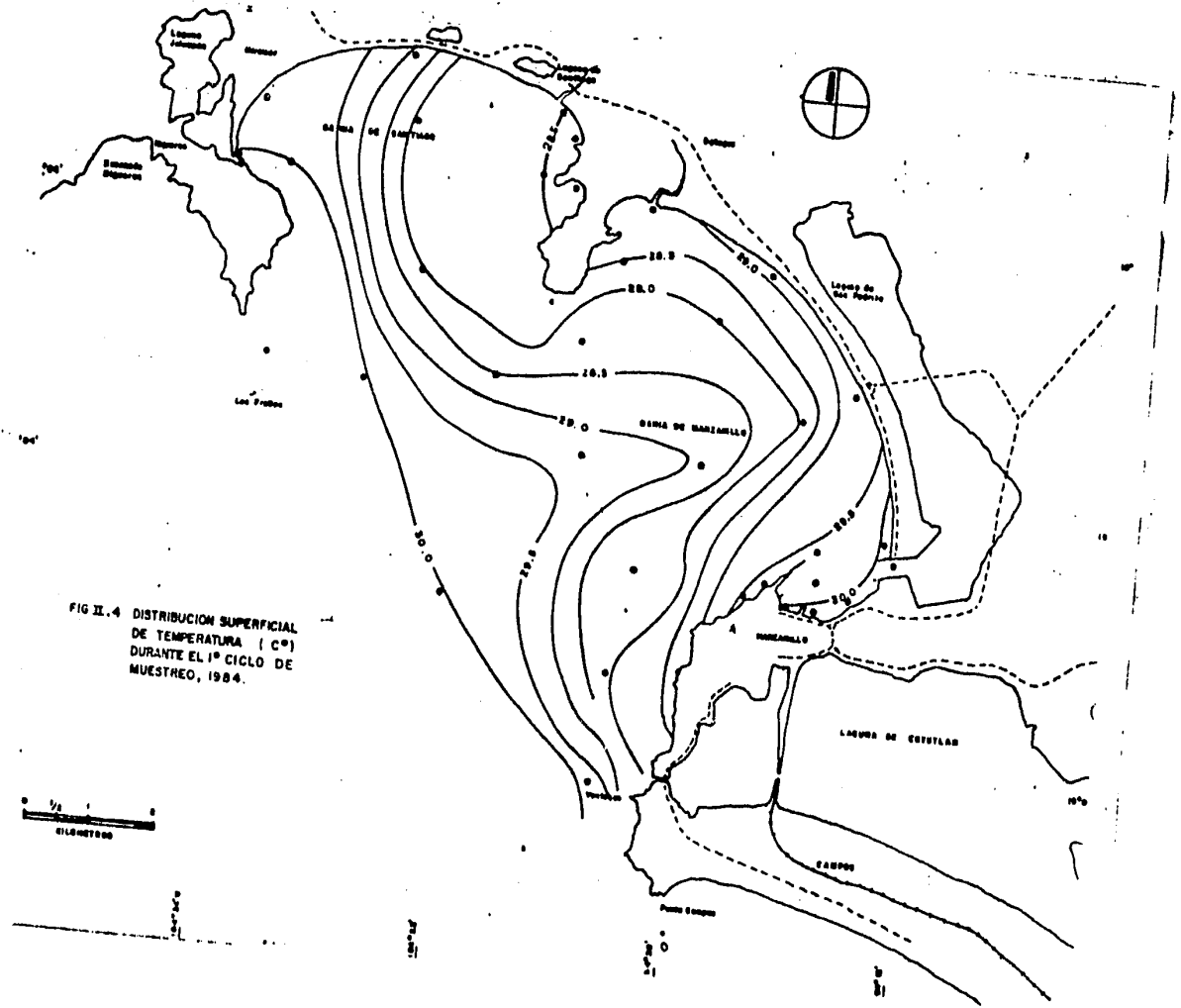


FIG II.4 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE TEMPERATURA (C°) DURANTE EL 1° CICLO DE MUESTREO, 1984.

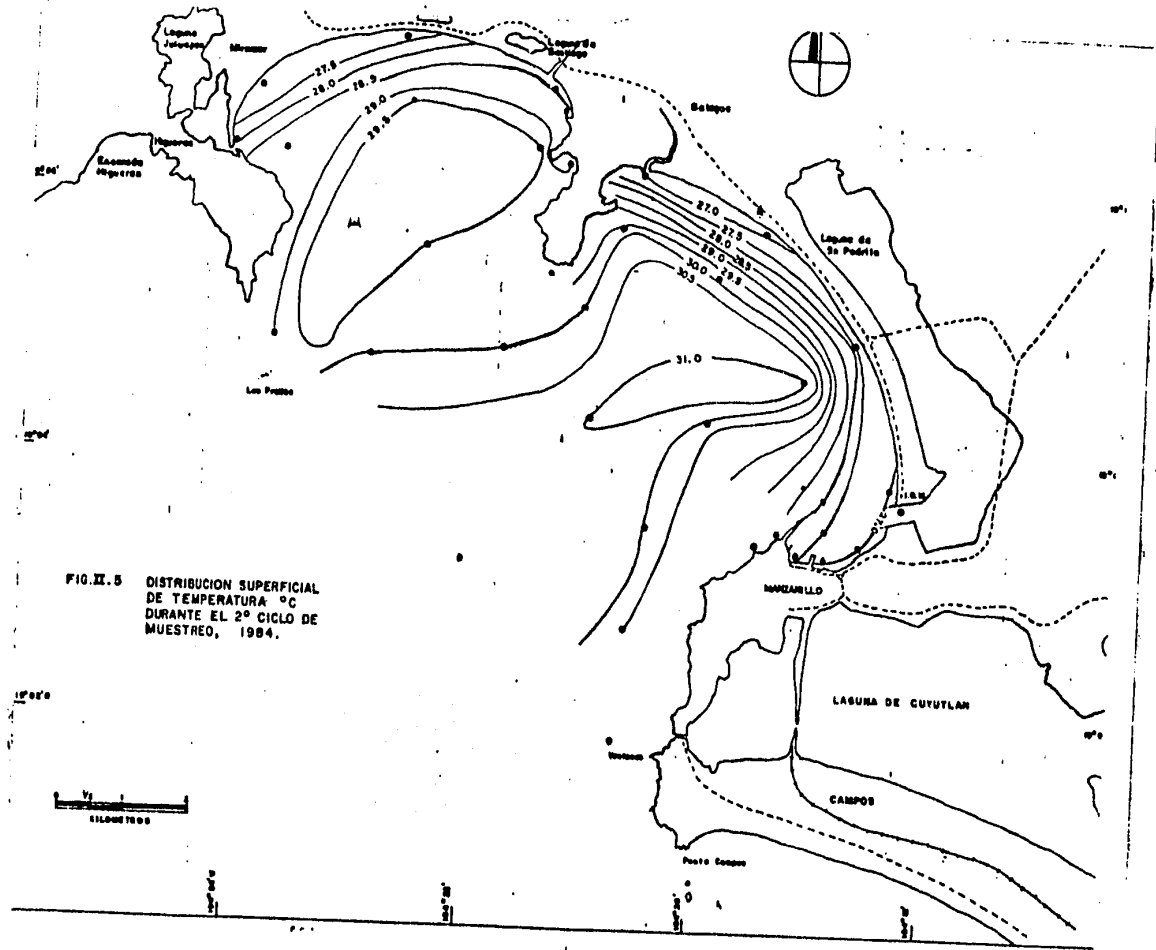


FIG. II.5 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE TEMPERATURA °C DURANTE EL 2° CICLO DE MUESTREO, 1984.



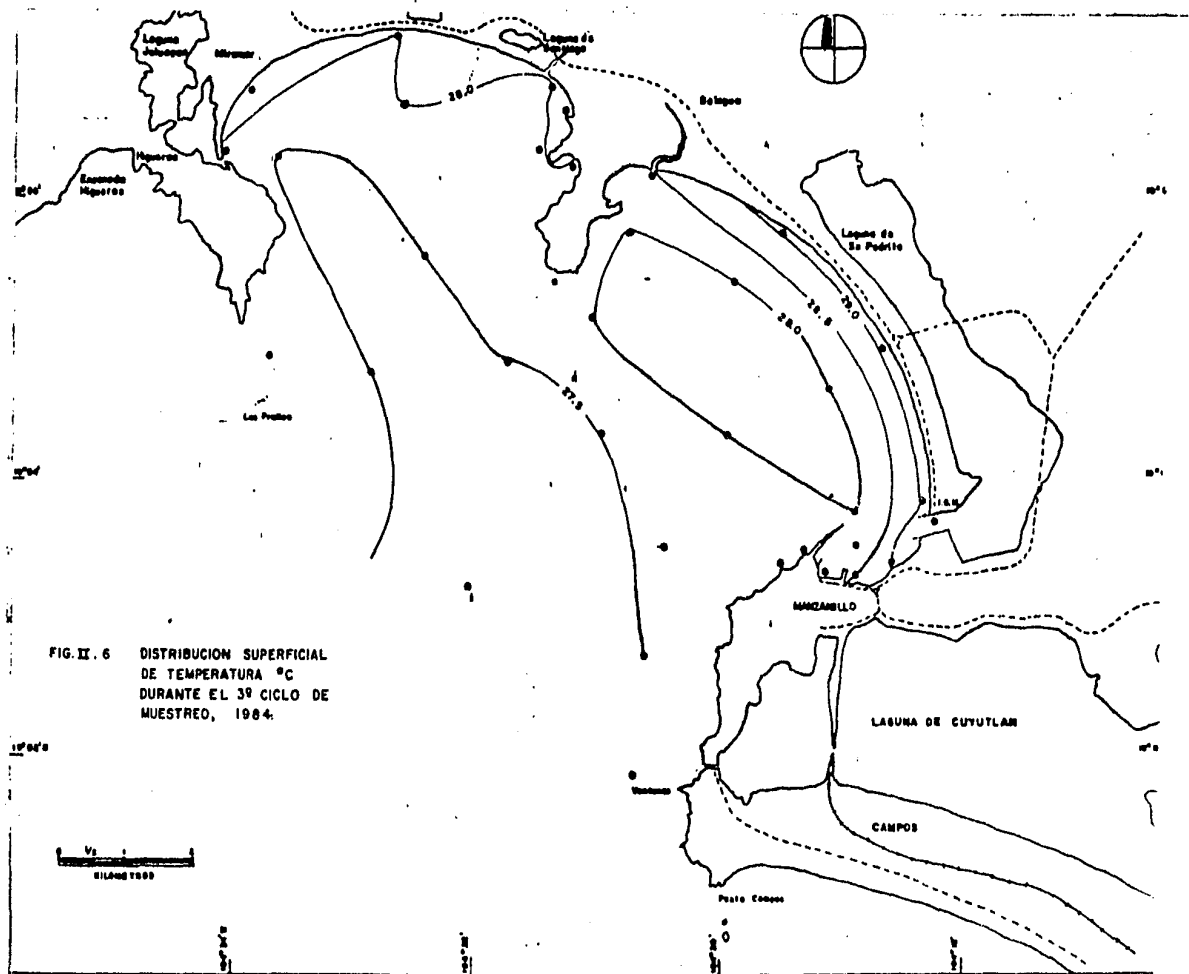


FIG. II. 6 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE TEMPERATURA °C DURANTE EL 39 CICLO DE MUESTREO, 1984.

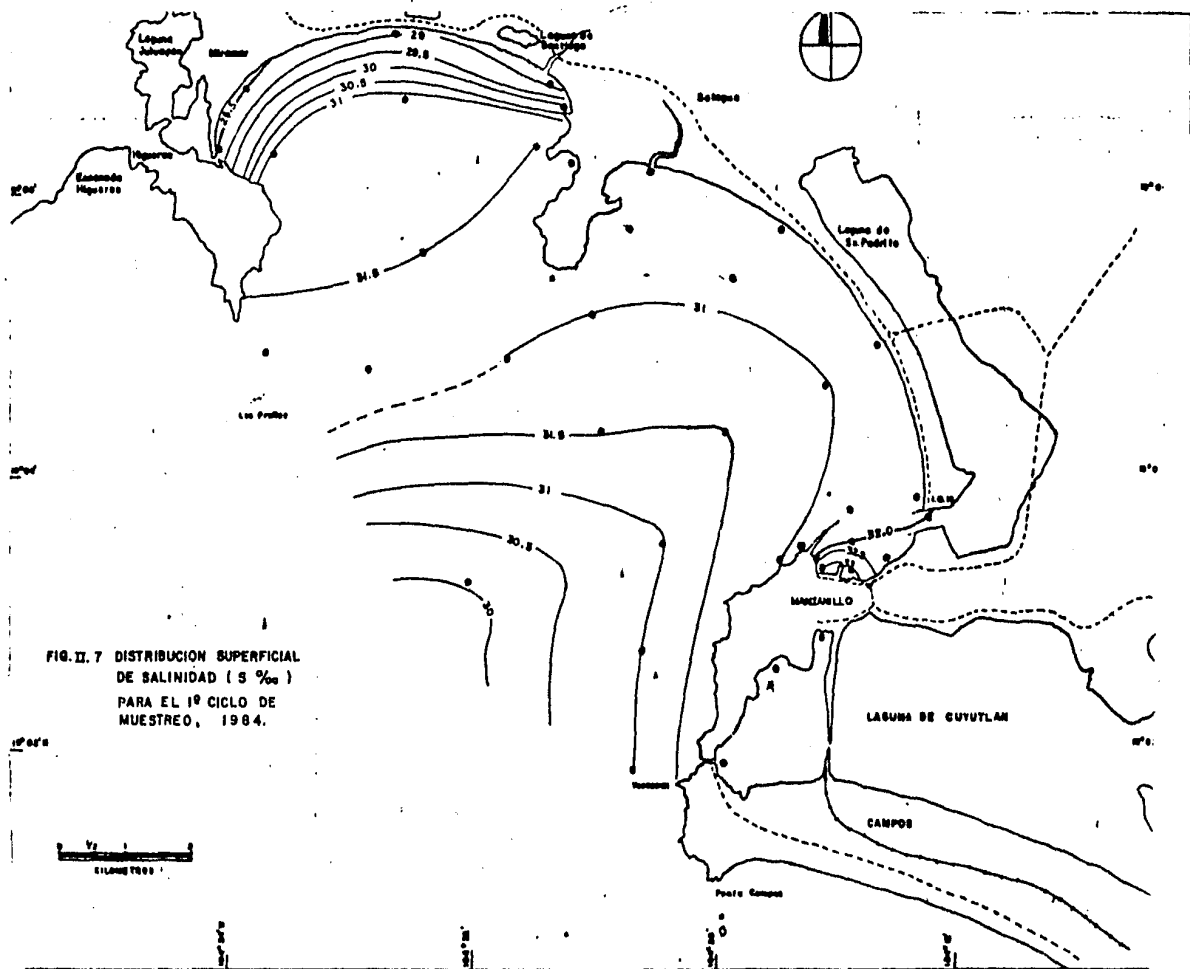


FIG. II. 7 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE SALINIDAD ( S ‰ ) PARA EL 1º CICLO DE MUESTREO, 1984.



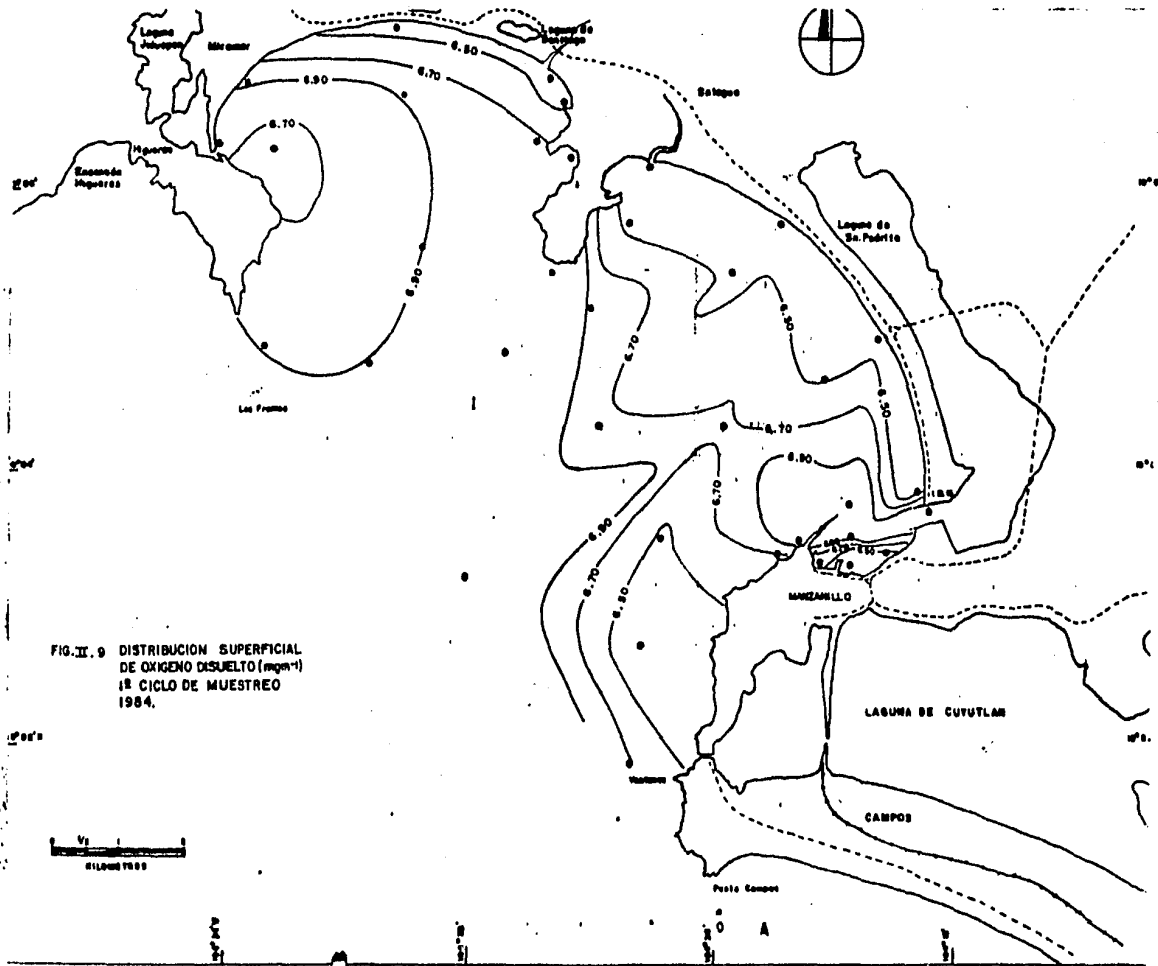


FIG. II. 9 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE OXIGENO DISUELTUO (mgm<sup>-1</sup>) EN CICLO DE MUESTREO 1984.

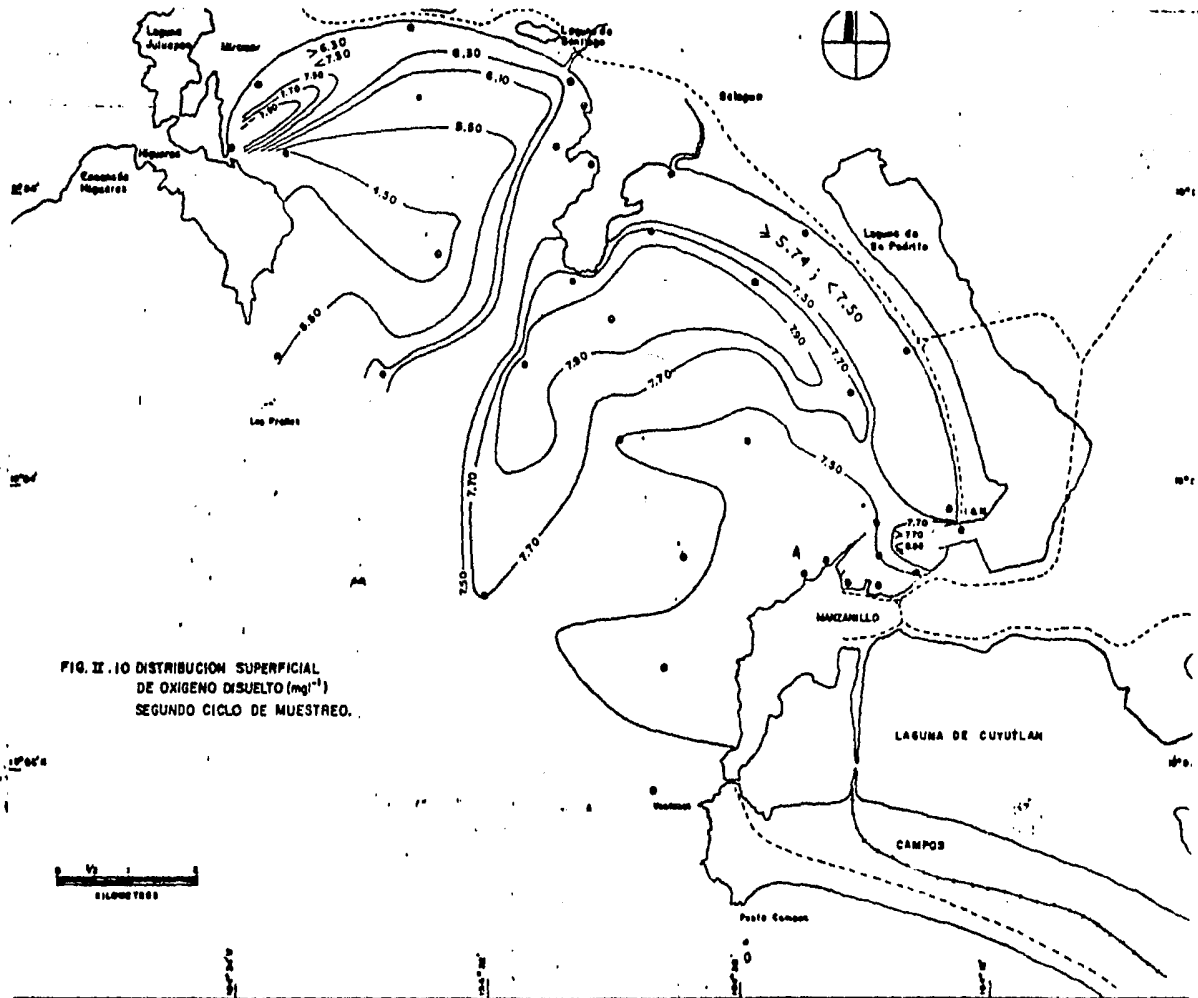


FIG. II. 10 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE OXIGENO DISUELTO ( $\text{mg}^{-1}$ ) SEGUNDO CICLO DE MUESTREO.

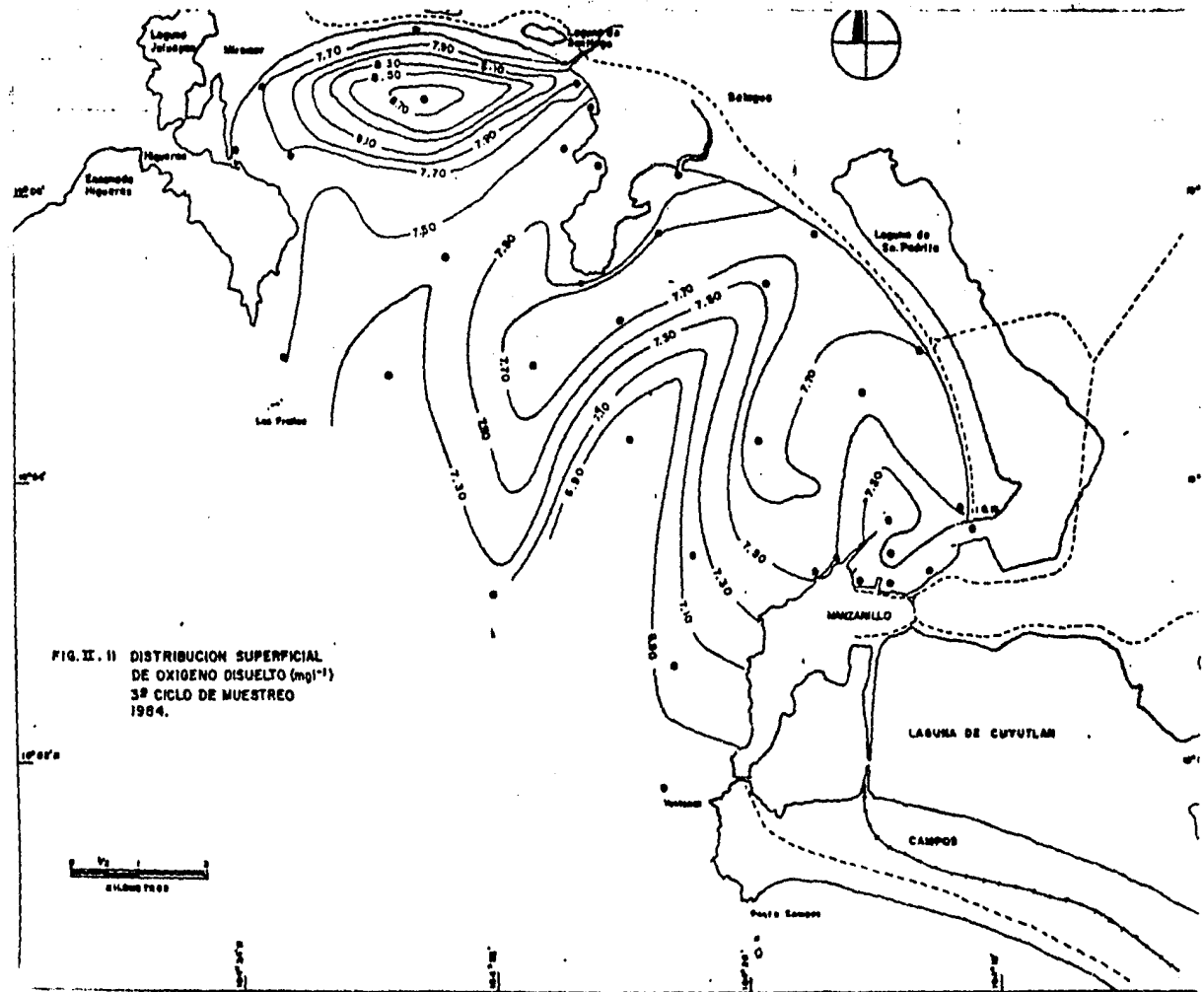
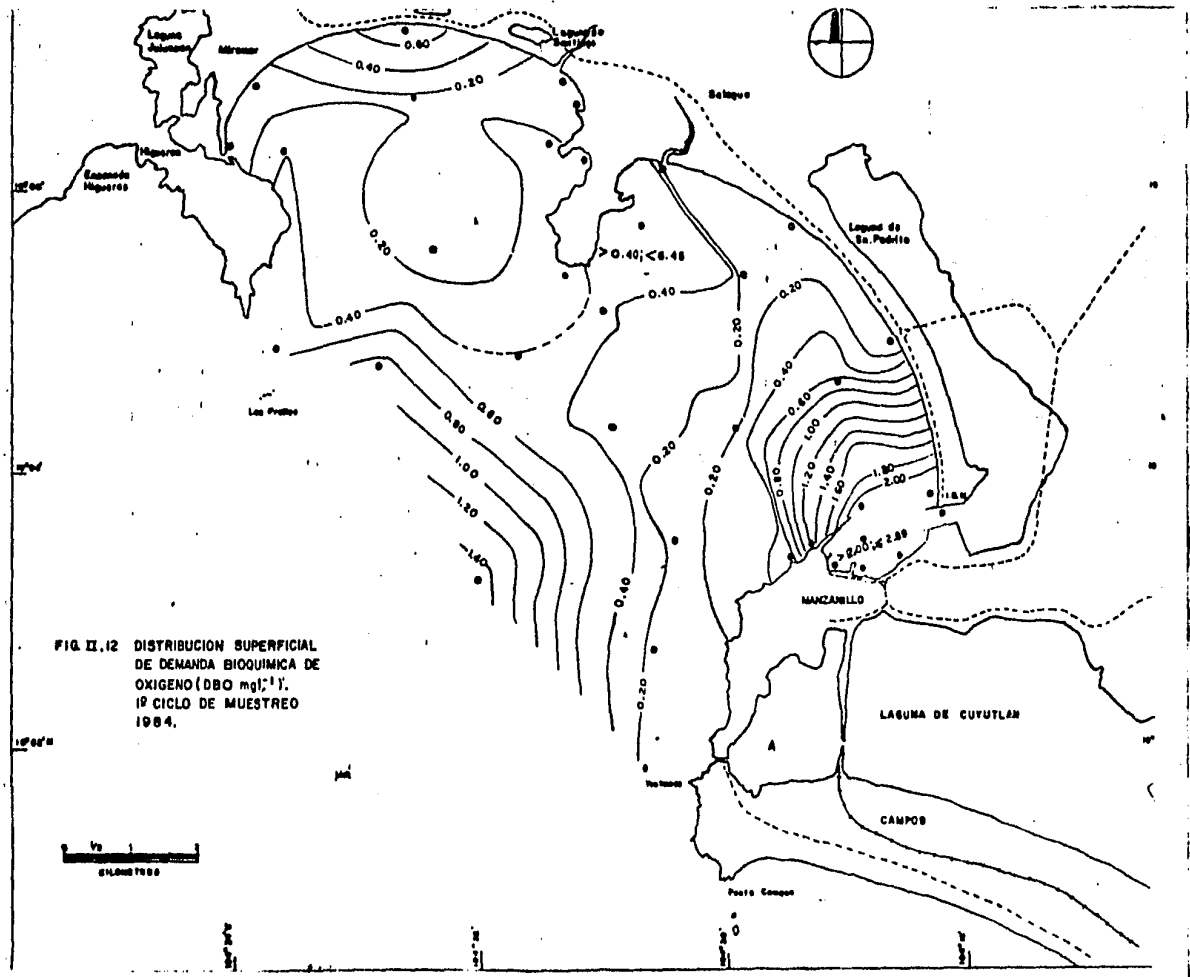


FIG. II. II) DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE OXIGENO DISUELTO (mg/l) 3º CICLO DE MUESTREO 1984.



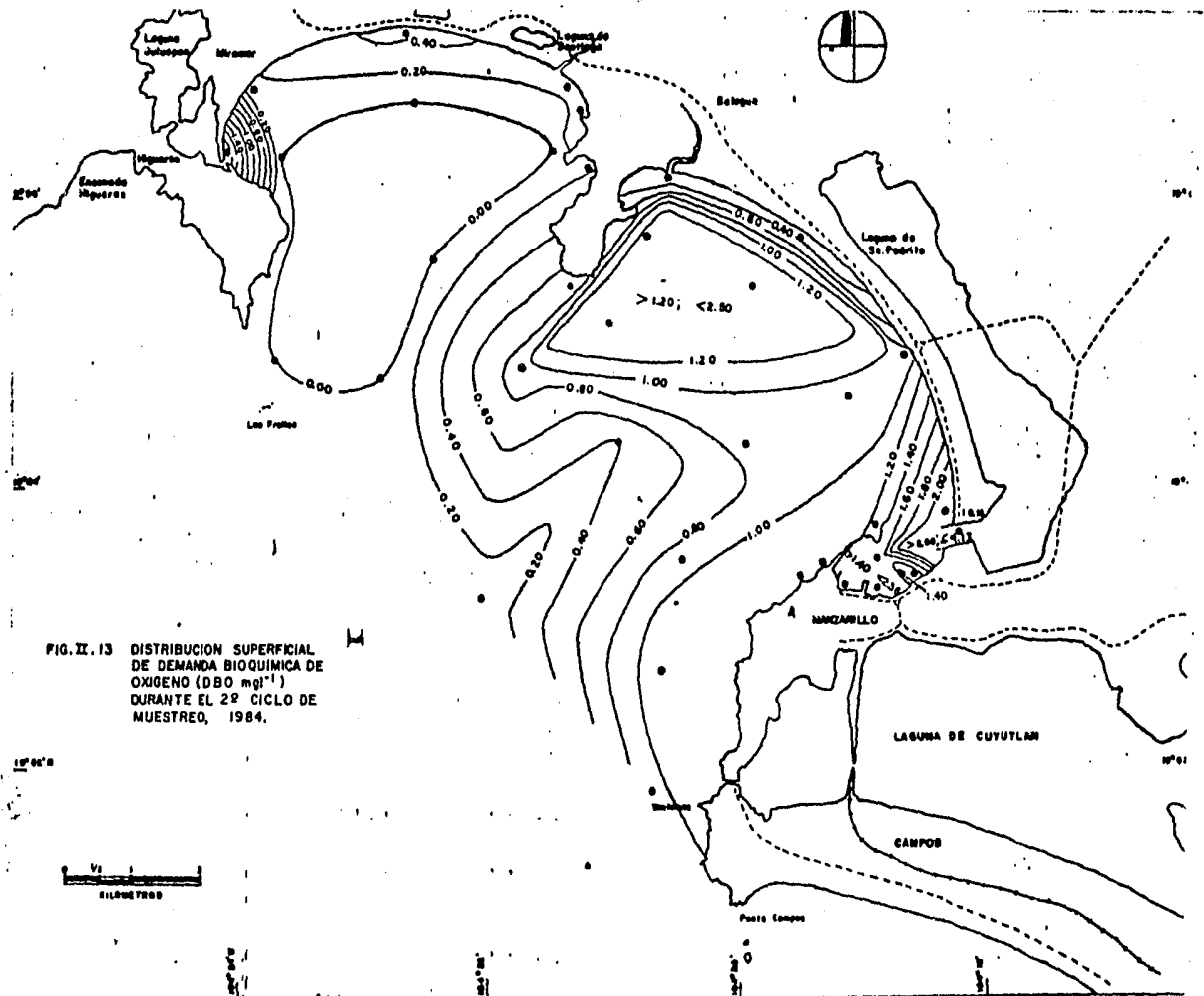


FIG. II. 13 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO  $\text{mg l}^{-1}$ ) DURANTE EL 2º CICLO DE MUESTREO, 1984.



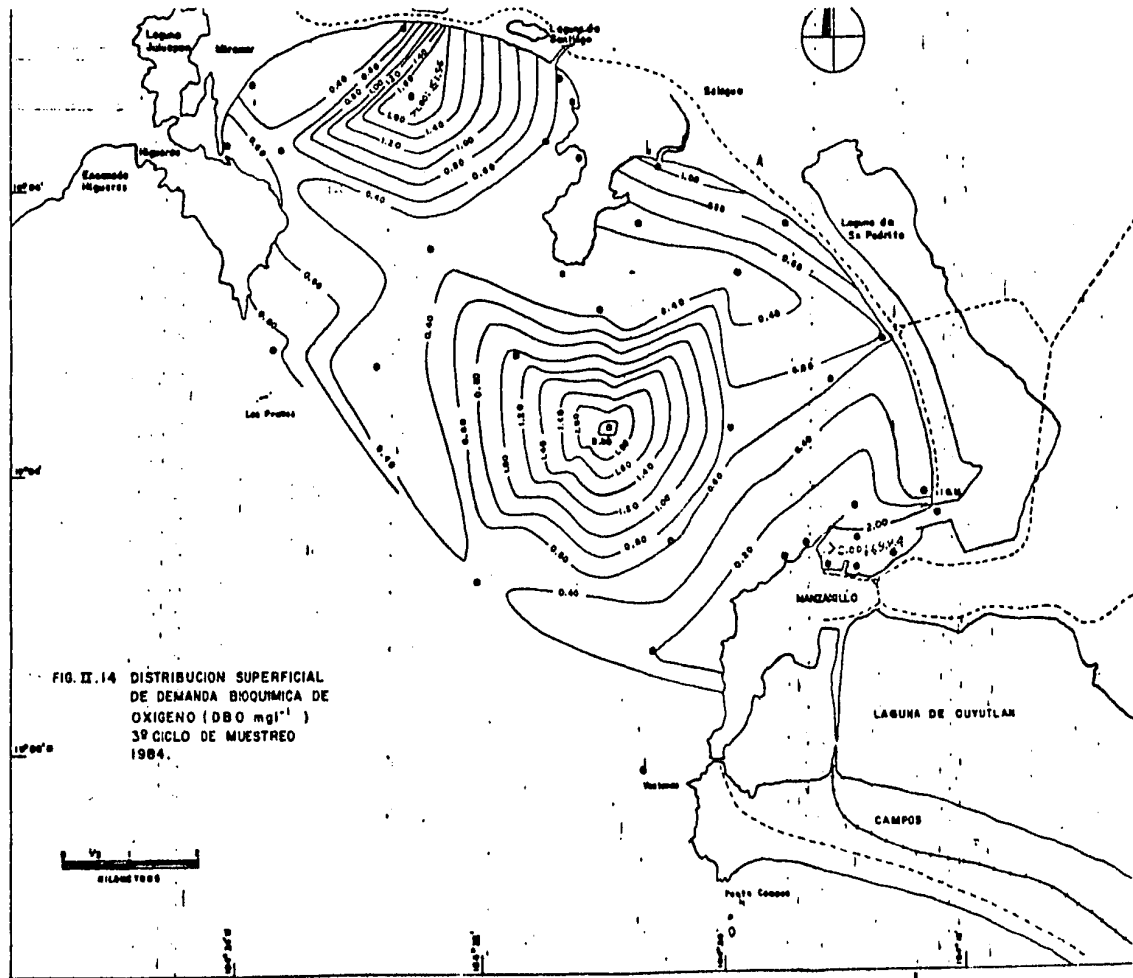


FIG. II. 14 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO mg l<sup>-1</sup>) 3º CICLO DE MUESTREO 1984.

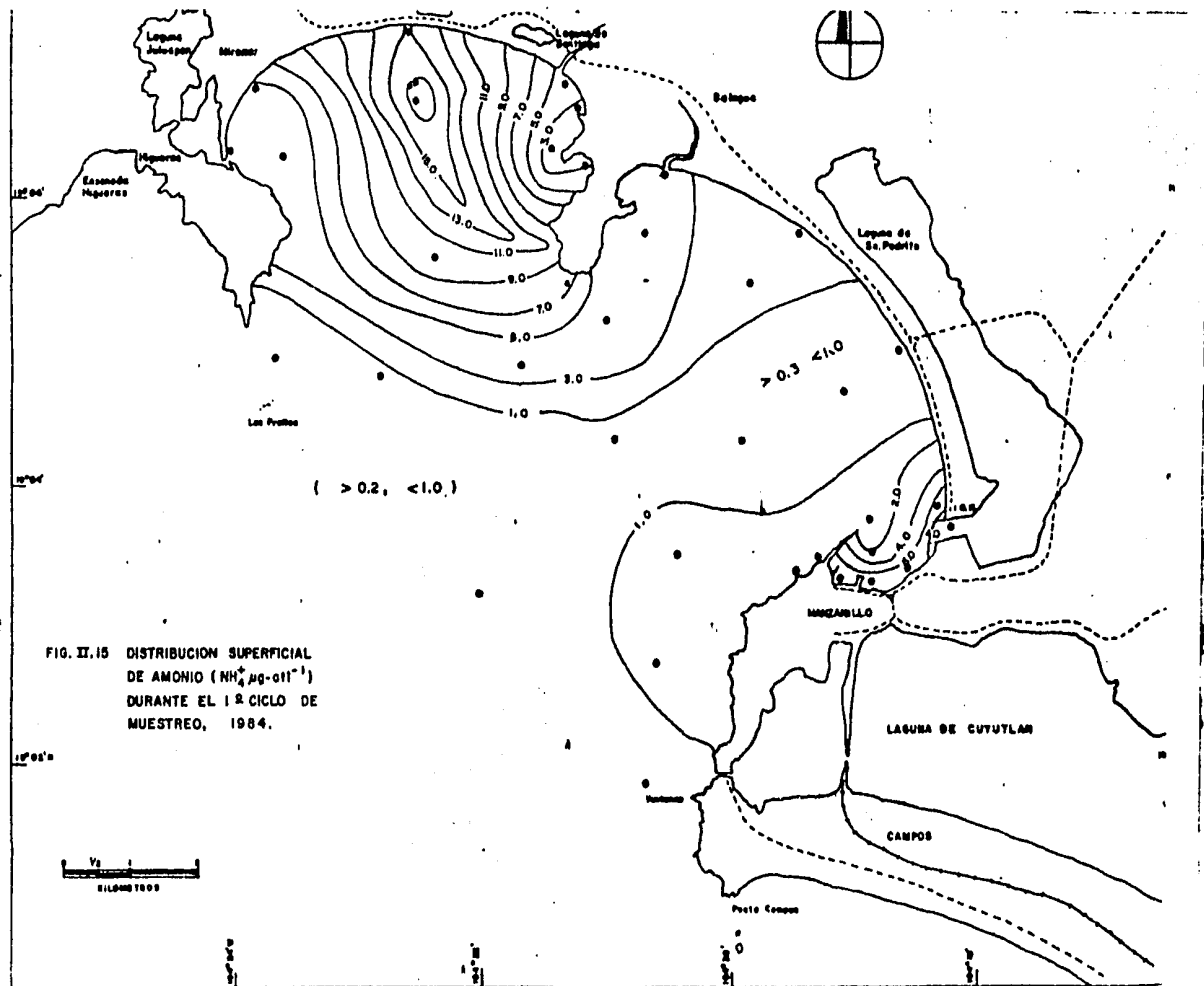


FIG. II.15 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE AMONIO ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$ ) DURANTE EL 1º CICLO DE MUESTREO, 1984.

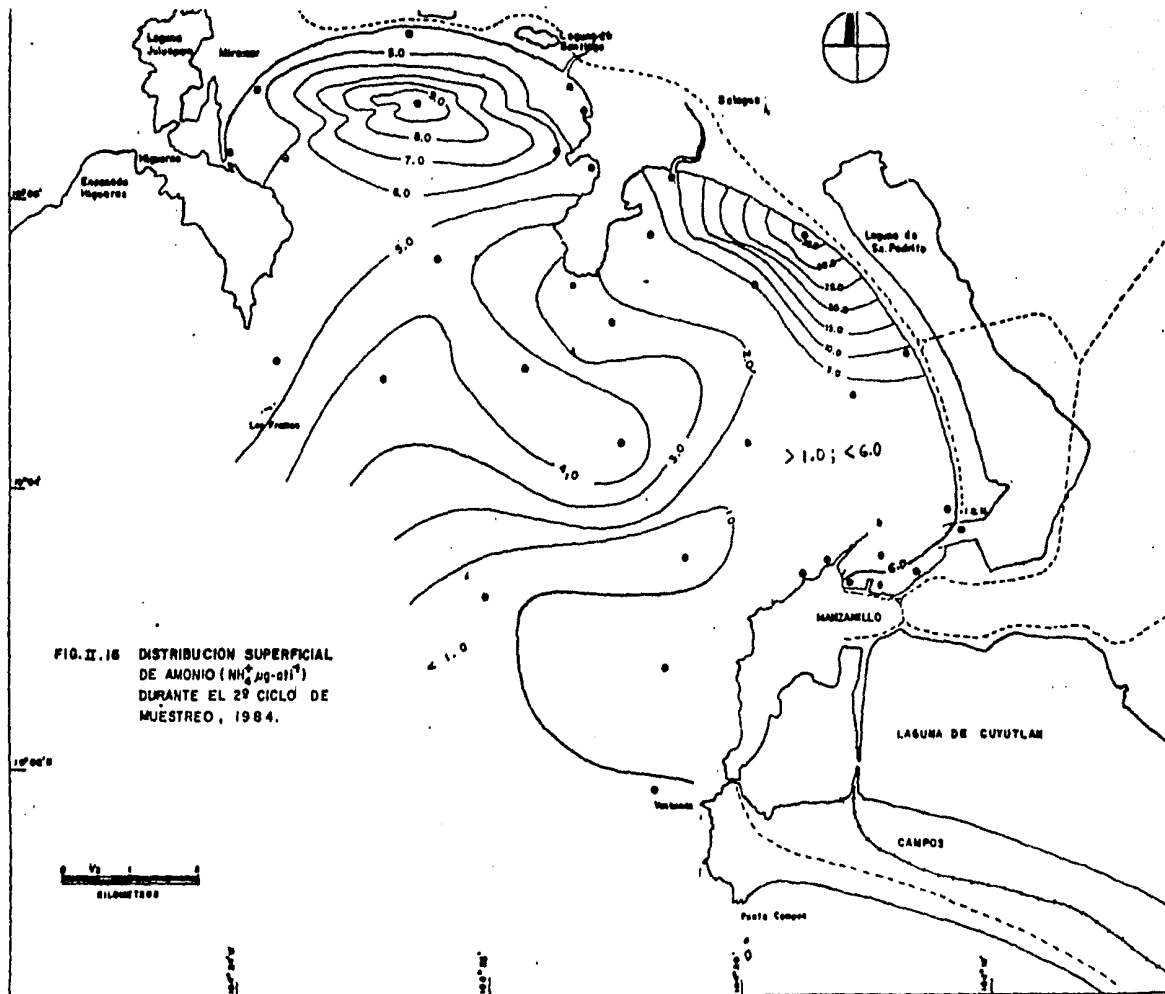


FIG. II. 16 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE AMONIO ( $\text{NH}_4^+$   $\mu\text{g}\cdot\text{lit}^{-1}$ ) DURANTE EL 29º CICLO DE MUESTREO, 1984.

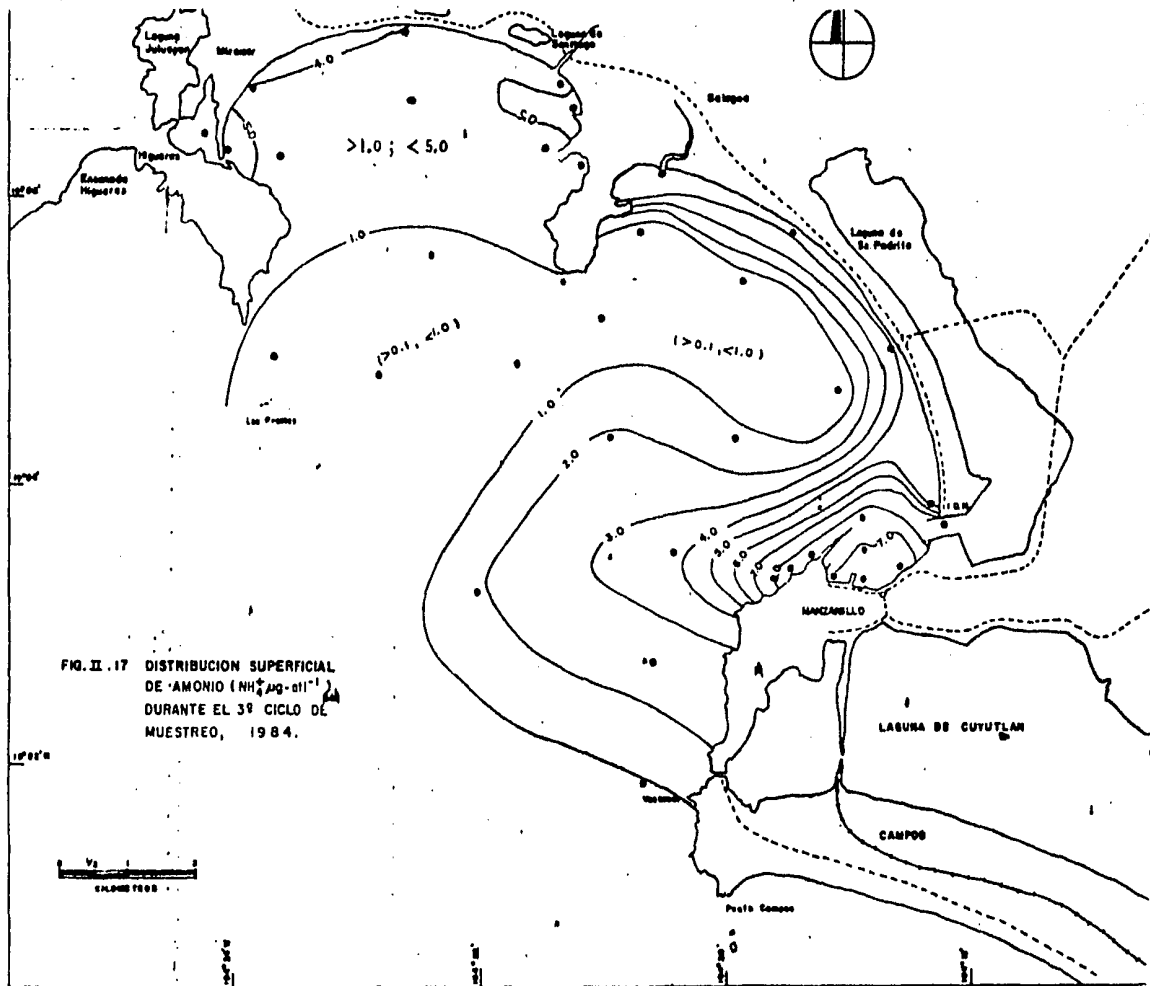


FIG. II. 17 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE AMONIO ( $\text{NH}_4^+$   $\mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$ ) DURANTE EL 39 CICLO DE MUESTREO, 1984.

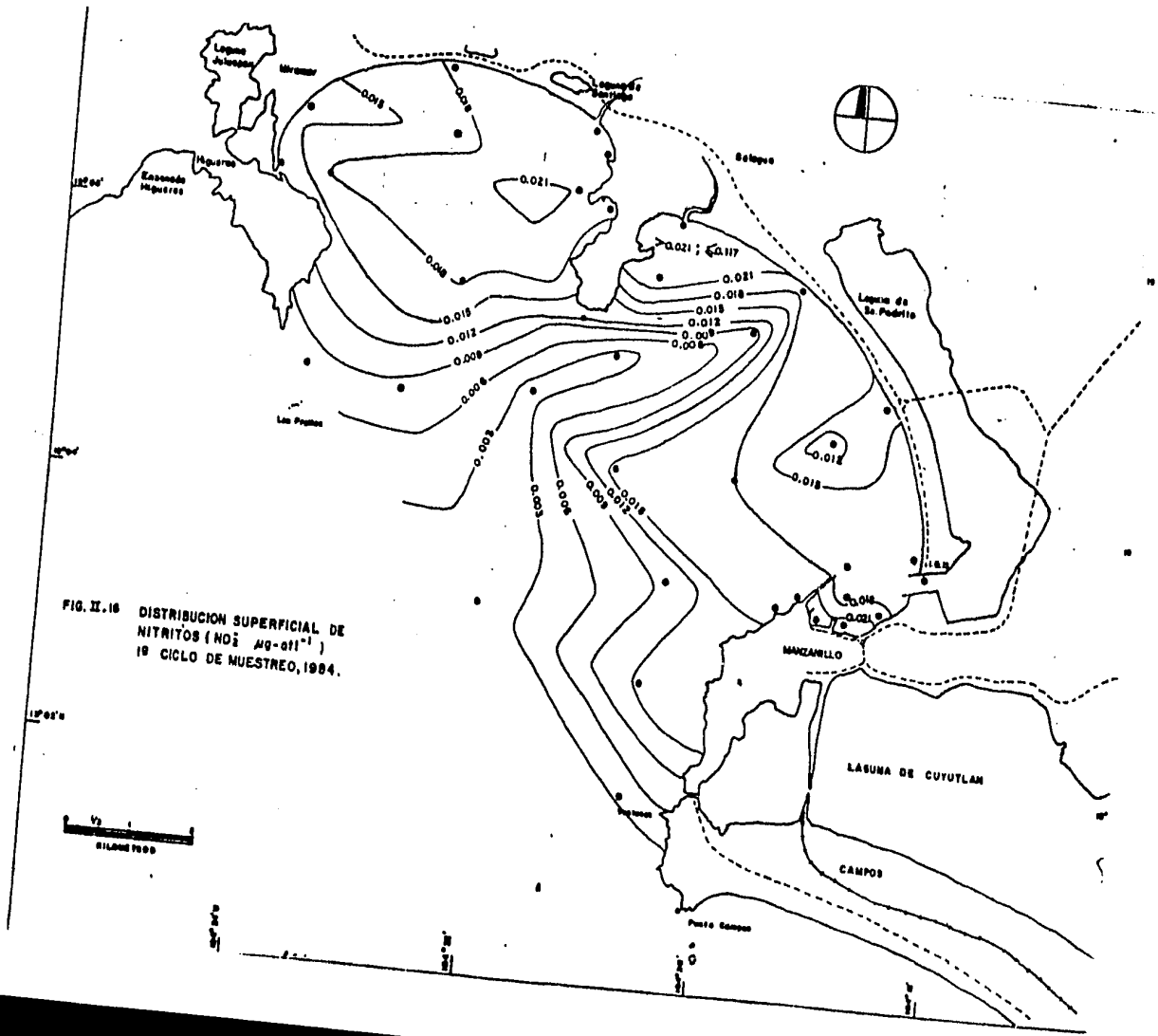


FIG. II.16 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE NITRITOS ( $\text{NO}_2 \text{ mg} \cdot \text{dl}^{-1}$ ) 19 CICLO DE MUESTREO, 1984.

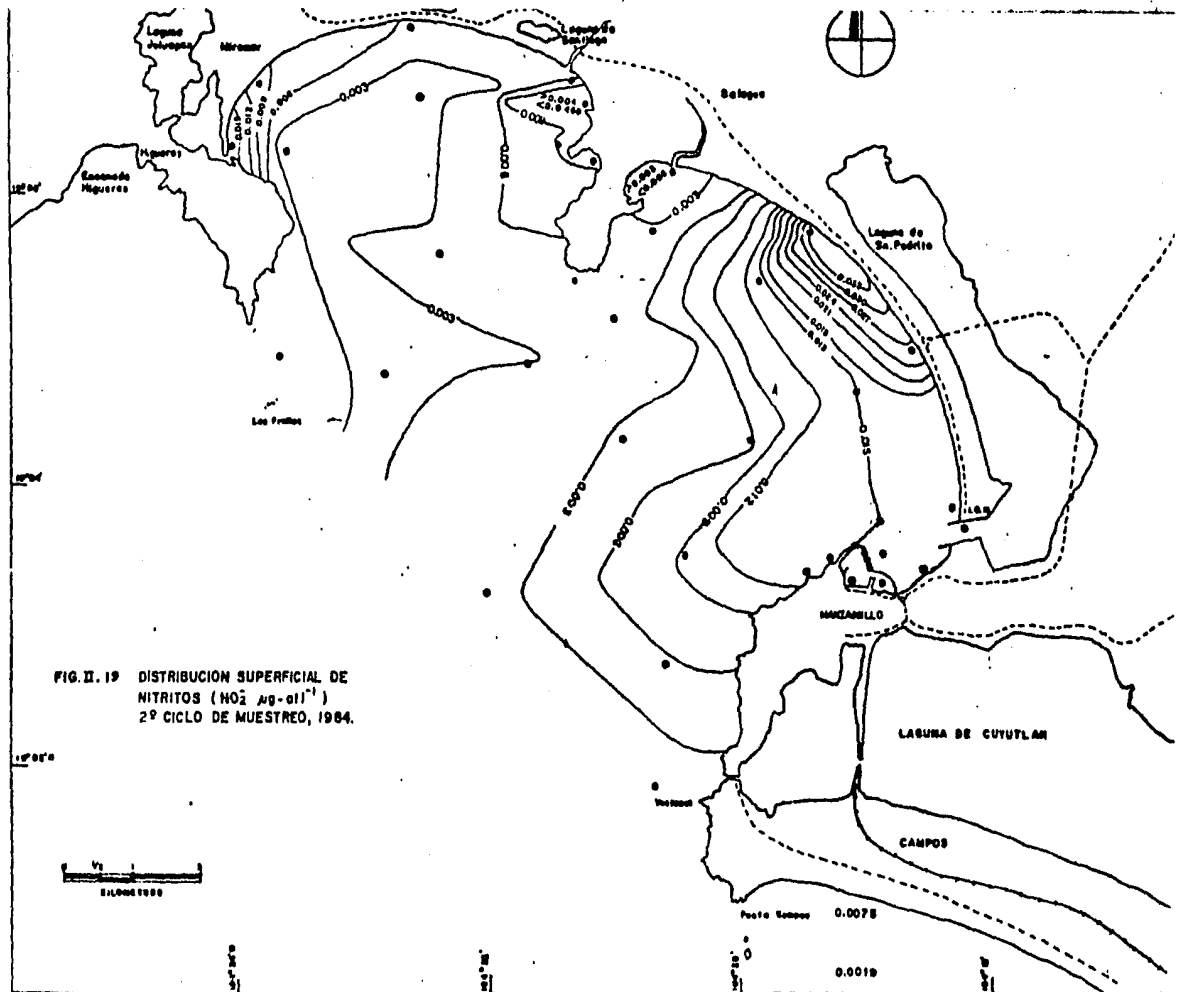


FIG. II. 19 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE NITRITOS ( $\text{NO}_2 \mu\text{g} \cdot \text{dl}^{-1}$ ) 2º CICLO DE MUESTREO, 1984.

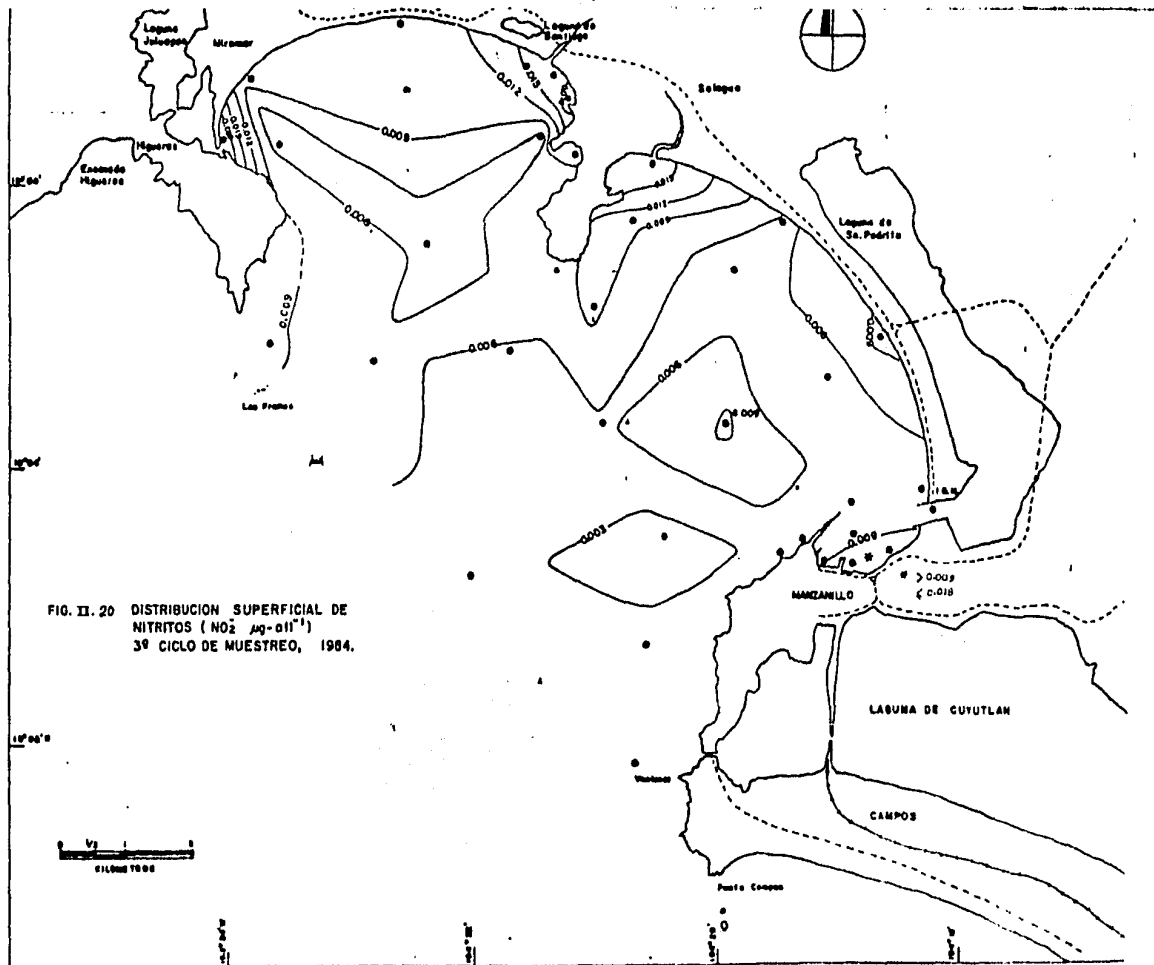


FIG. II. 20 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE NITRITOS ( $\text{NO}_2 \mu\text{g} \cdot \text{dl}^{-1}$ ) 3º CICLO DE MUESTREO, 1984.

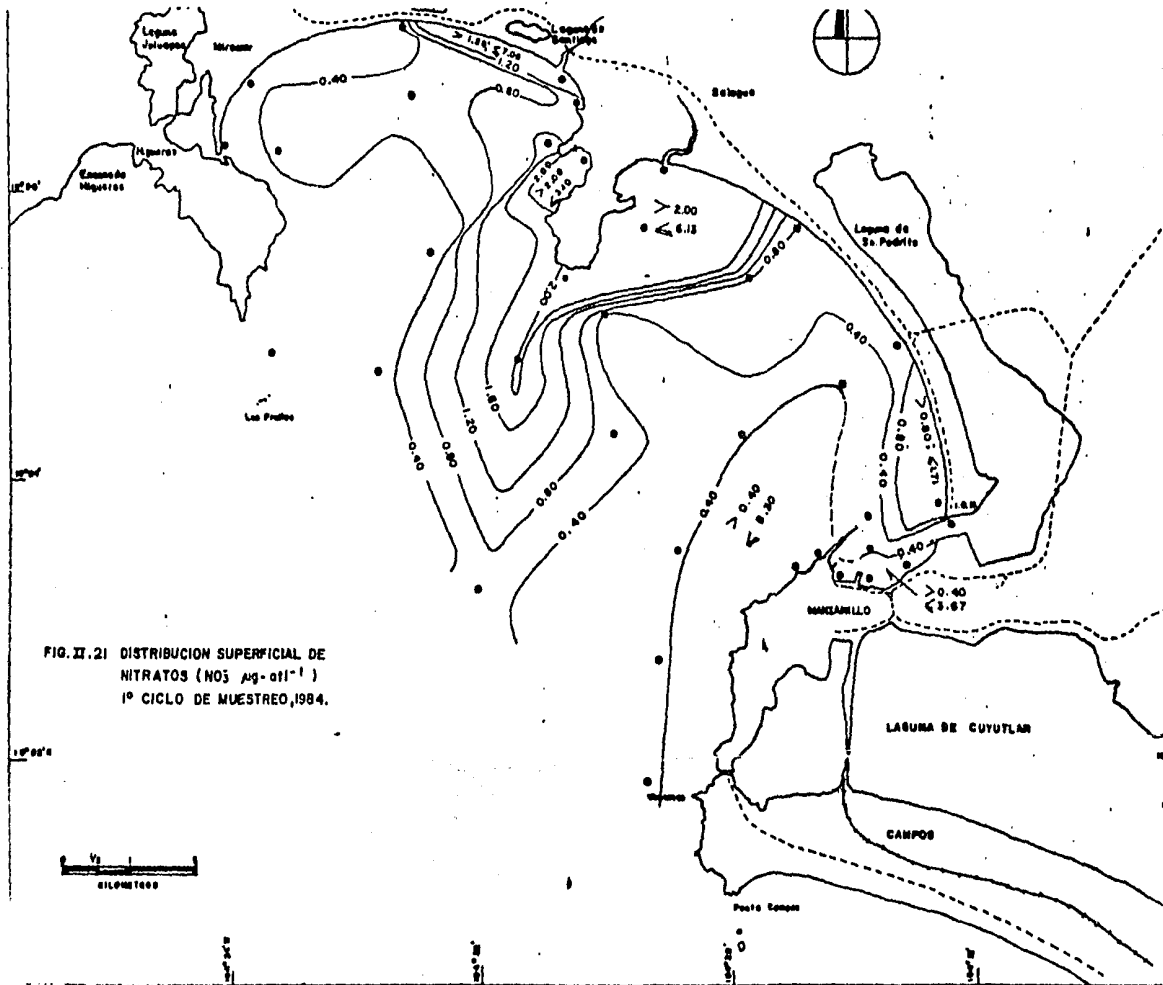


FIG. II. 21 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE NITRATOS ( $\text{NO}_3 \mu\text{g-atl}^{-1}$ ) 1º CICLO DE MUESTREO, 1984.



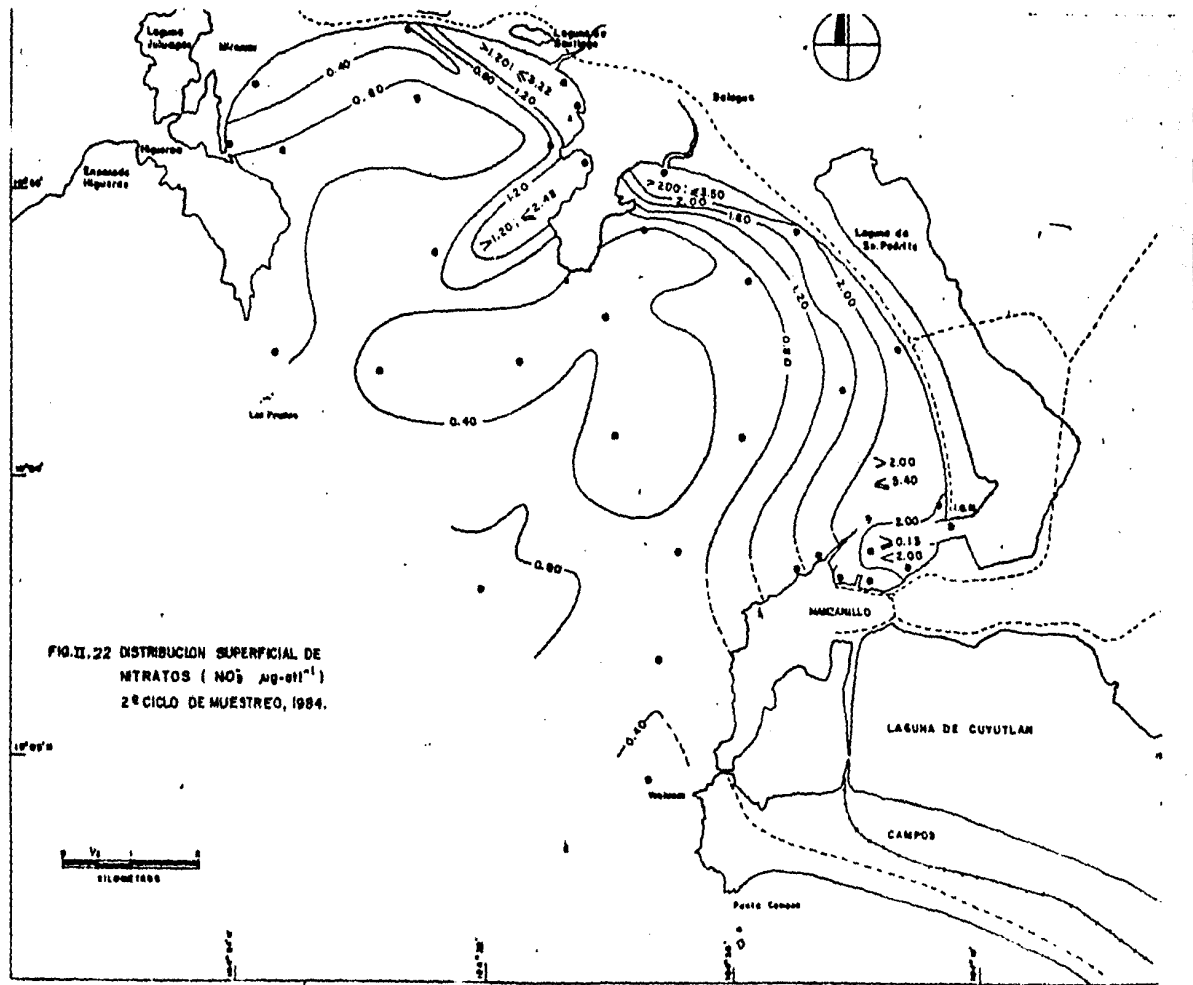


FIG. II. 22 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE  
 NITRATOS ( $\text{NO}_3$   $\mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$ )  
 2º CICLO DE MUESTREO, 1984.

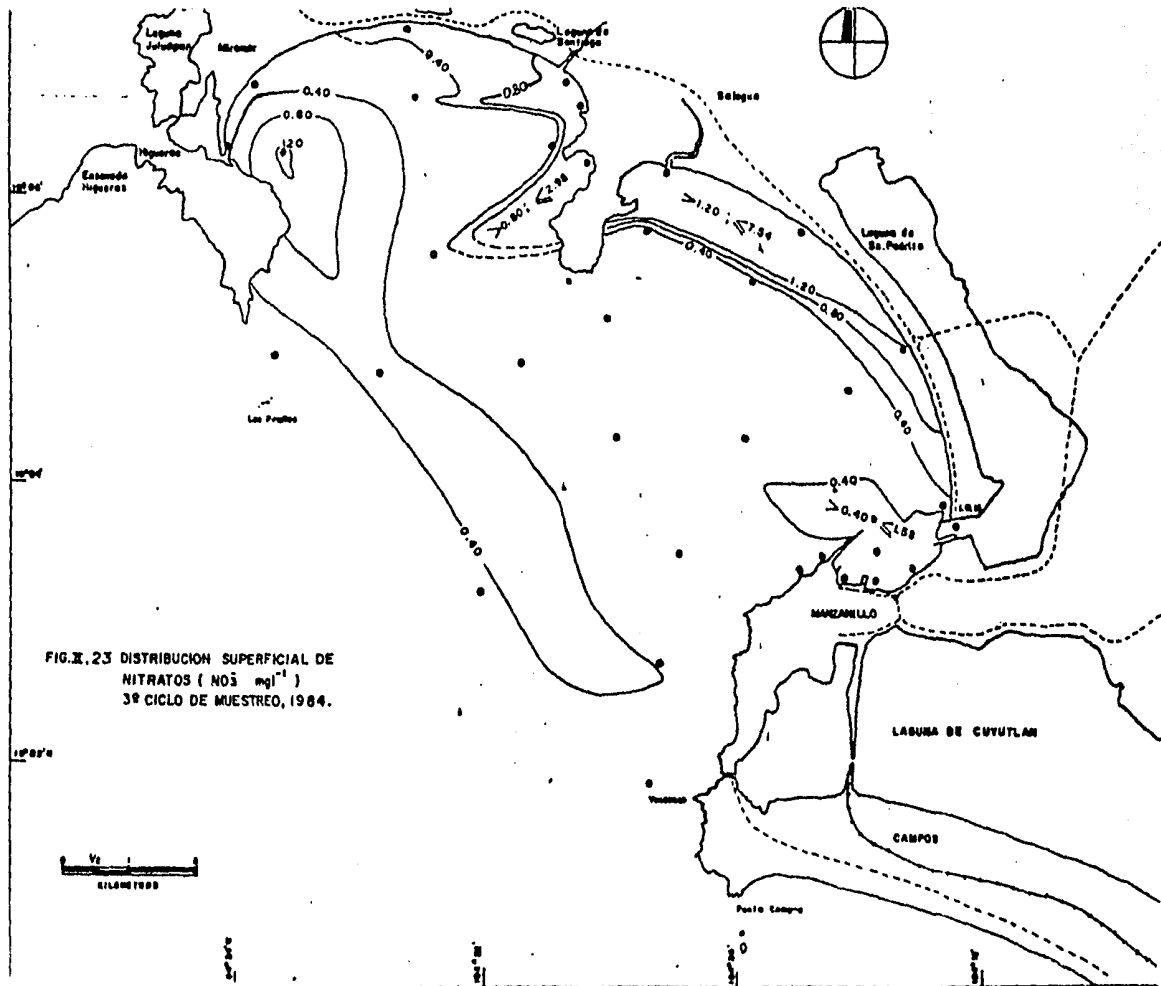


FIG. X. 23 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE NITRATOS ( $\text{NO}_3 \text{ mg l}^{-1}$ ) 3º CICLO DE MUESTREO, 1984.

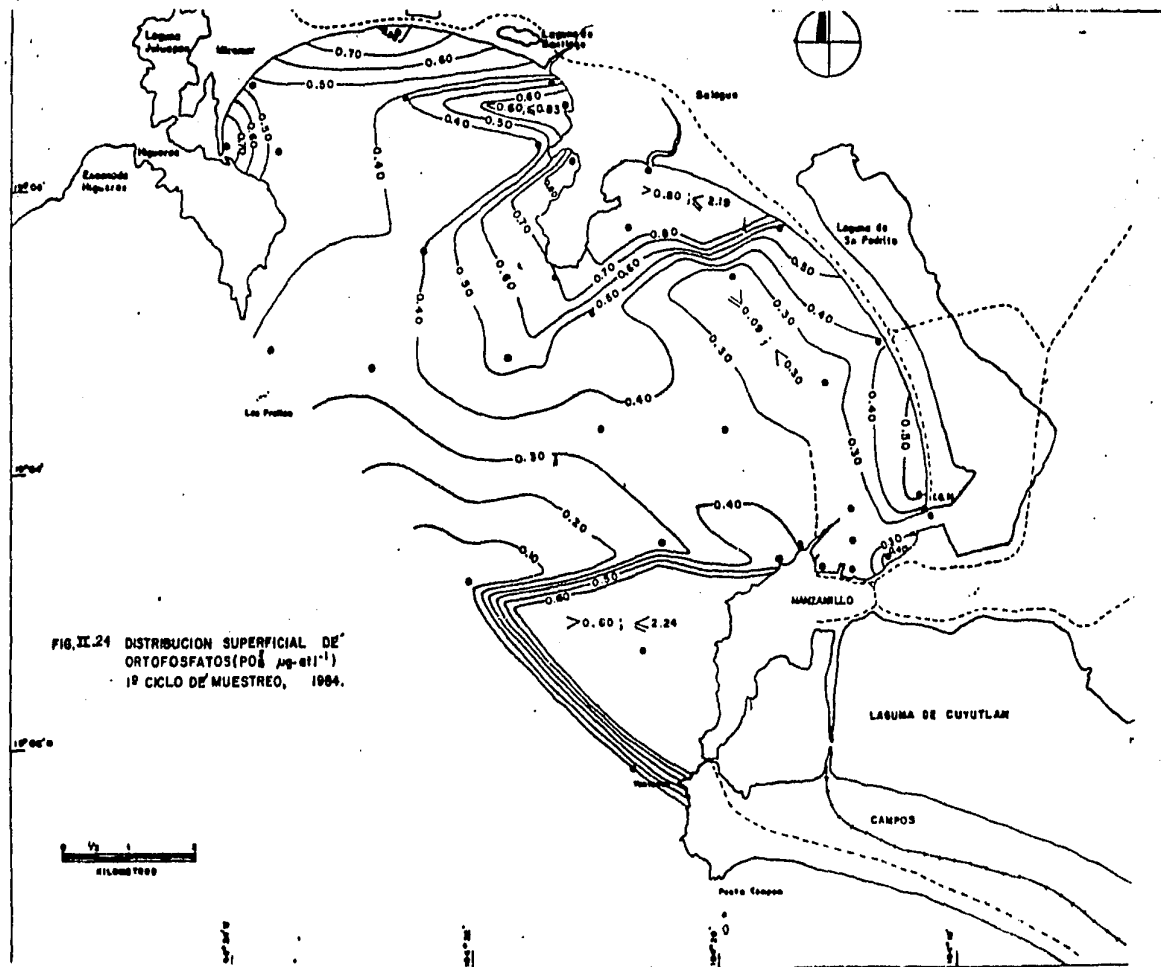


FIG. II.24 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE  
 ORTOFOSFATOS ( $\text{PO}_4 \mu\text{g-ml}^{-1}$ )  
 1º CICLO DE MUESTREO, 1984.

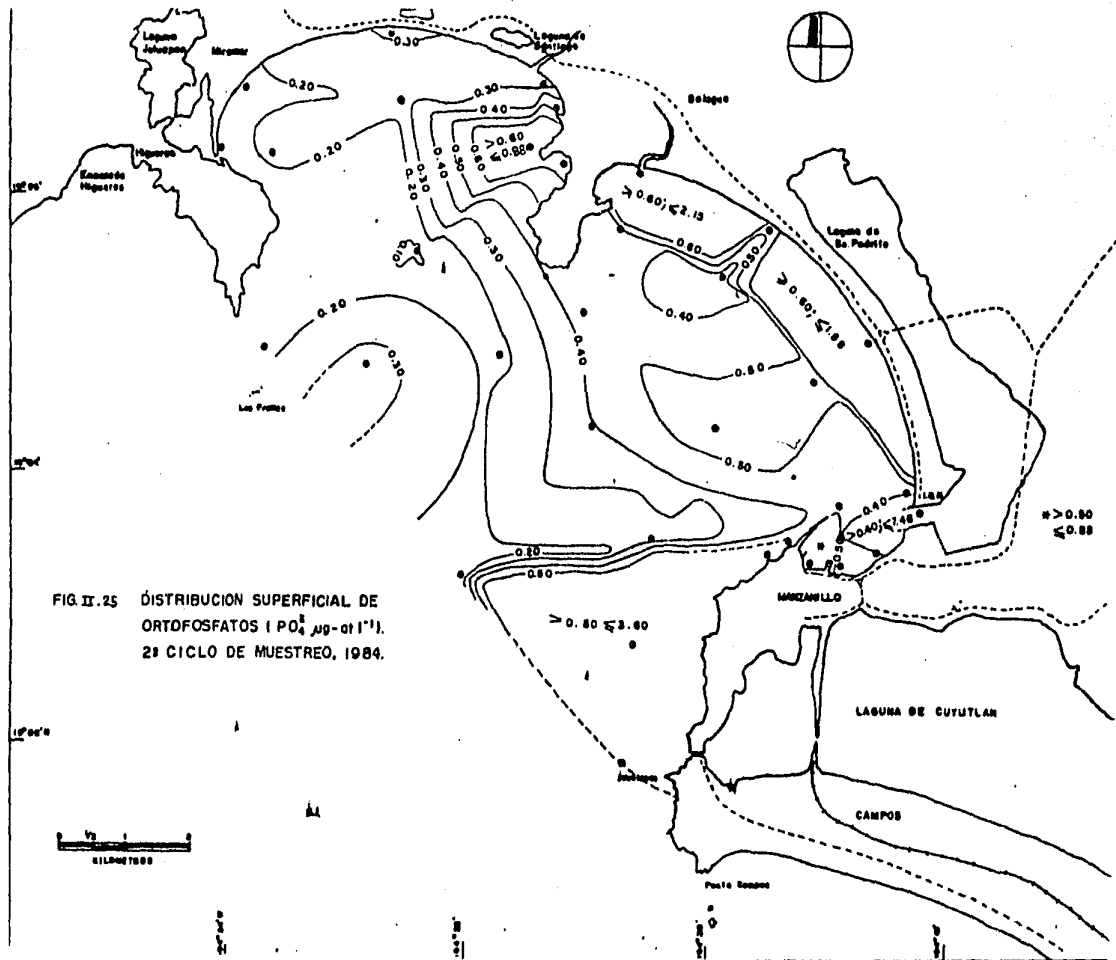


FIG. II. 25 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE  
 ORTOFOSFATOS ( $PO_4$   $\mu g \cdot l^{-1}$ ).  
 2º CICLO DE MUESTREO, 1984.

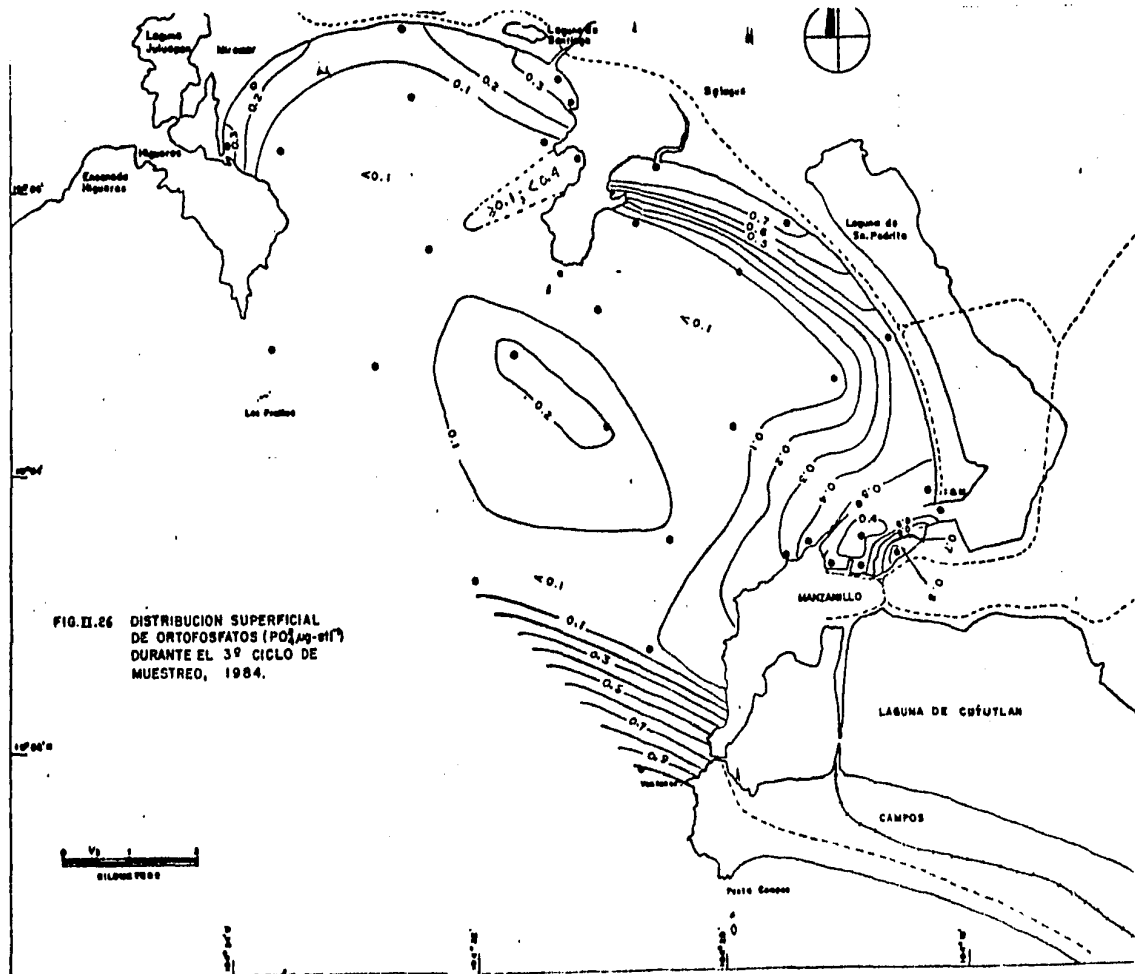


FIG. II.26 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE ORTOFOSFATOS ( $PO_4^{3-}$ ) DURANTE EL 39° CICLO DE MUESTREO, 1984.

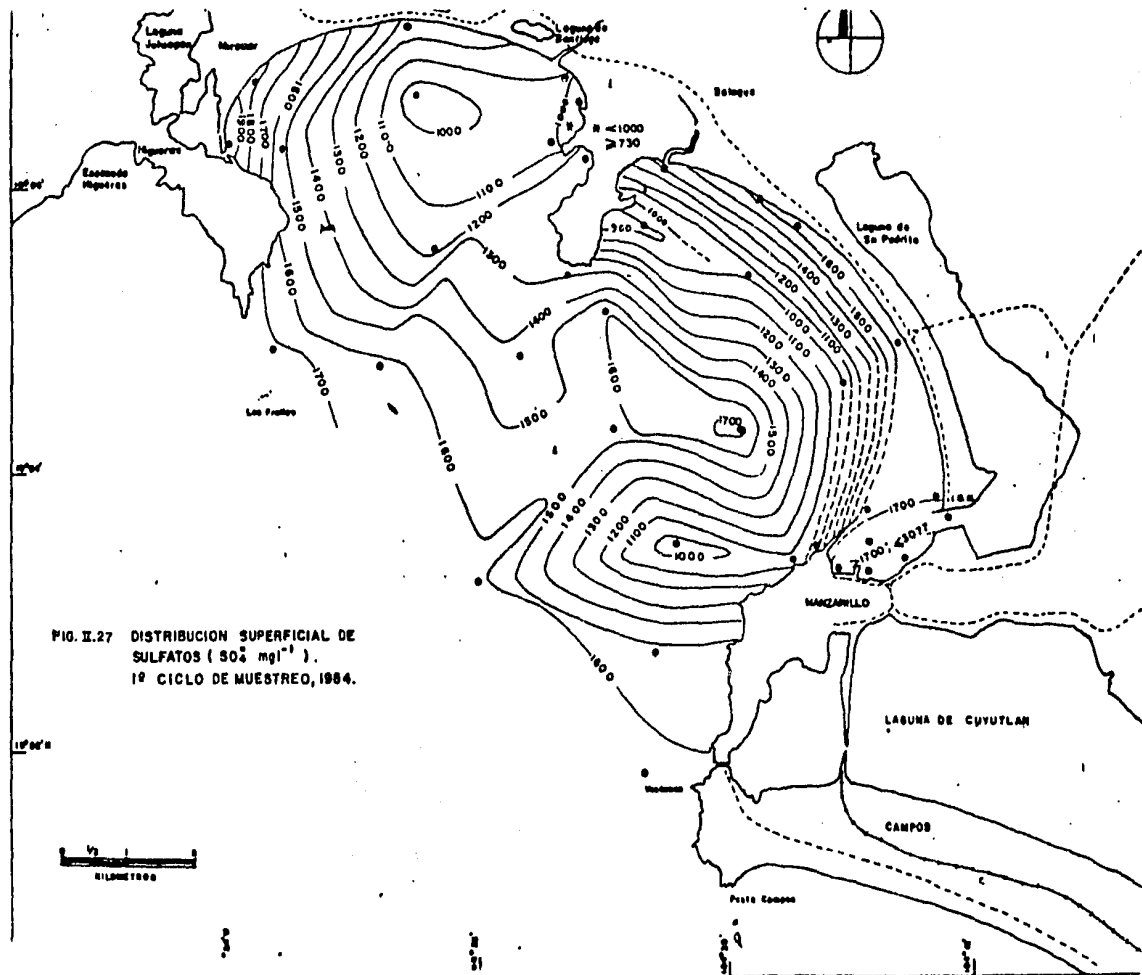


FIG. II.27 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE  
SULFATOS (  $50\frac{3}{4}$  mg/l<sup>-1</sup> ).  
1º CICLO DE MUESTREO, 1984.

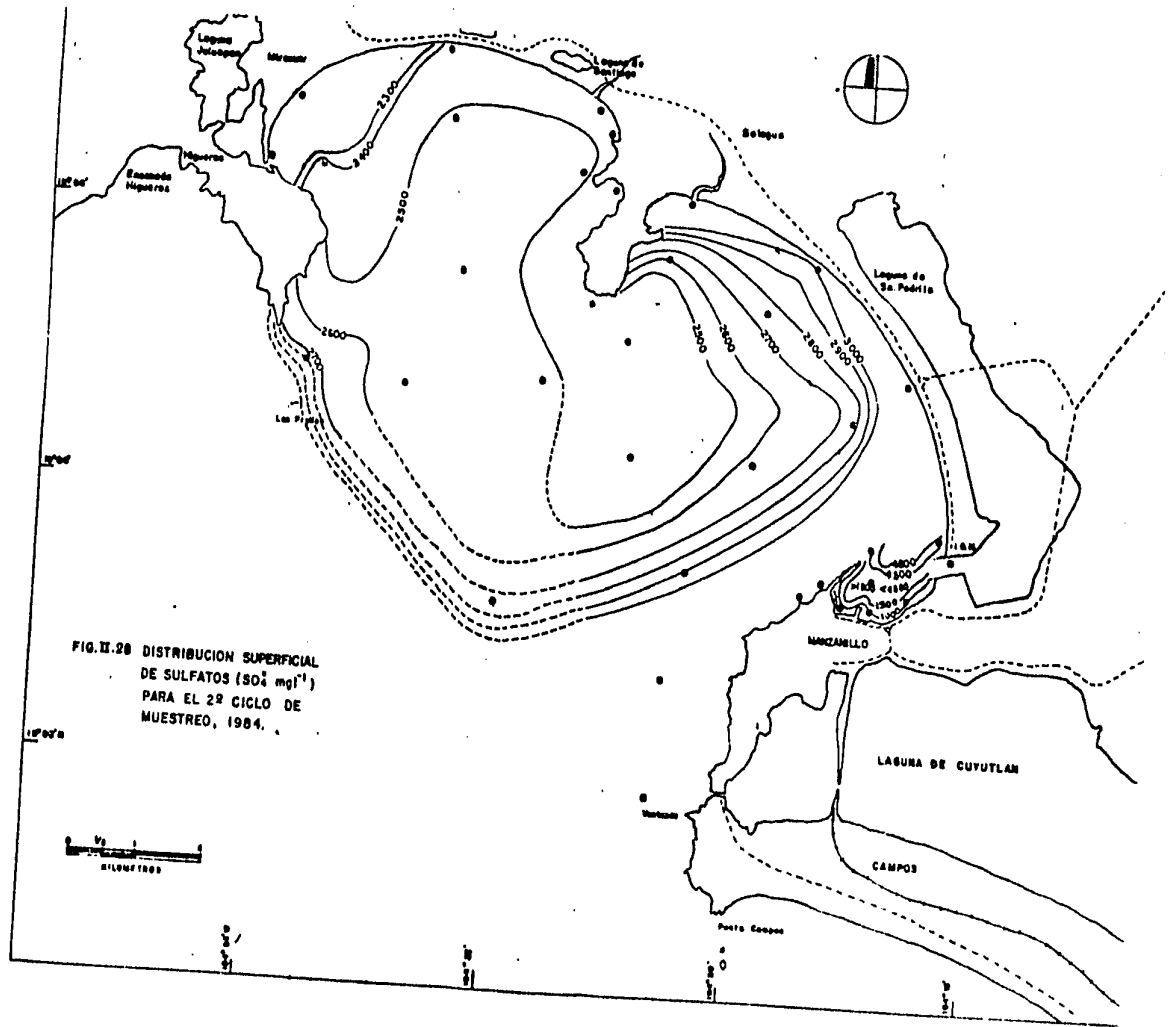


FIG. II.28 DISTRIBUCION SUPERFICIAL  
DE SULFATOS (SO<sub>4</sub> mg/l)  
PARA EL 2º CICLO DE  
MUESTREO, 1984.

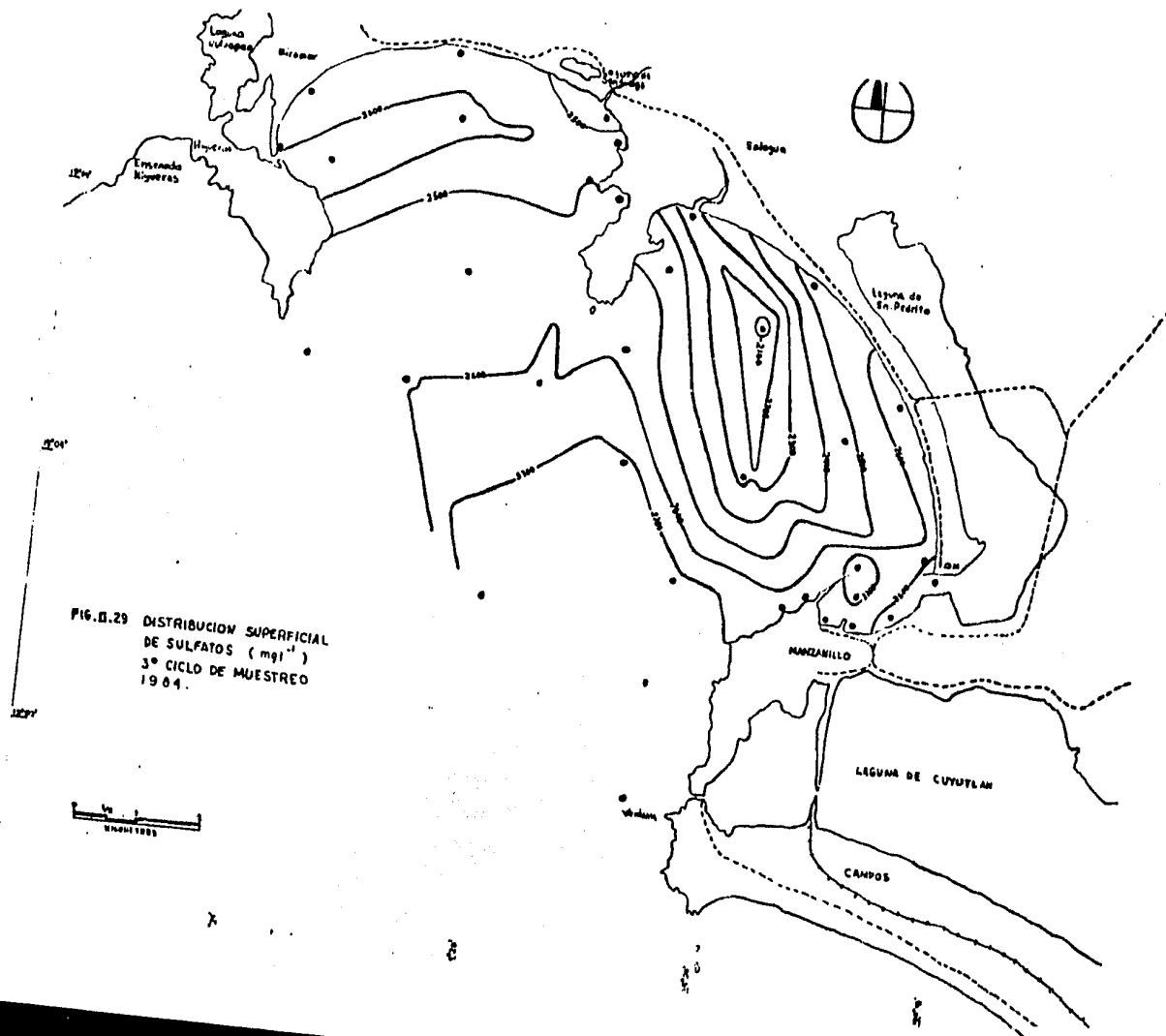


FIG. II.29 DISTRIBUCION SUPERFICIAL  
DE SULFATOS ( $\text{mg l}^{-1}$ )  
3º CICLO DE MUESTREO  
1964.



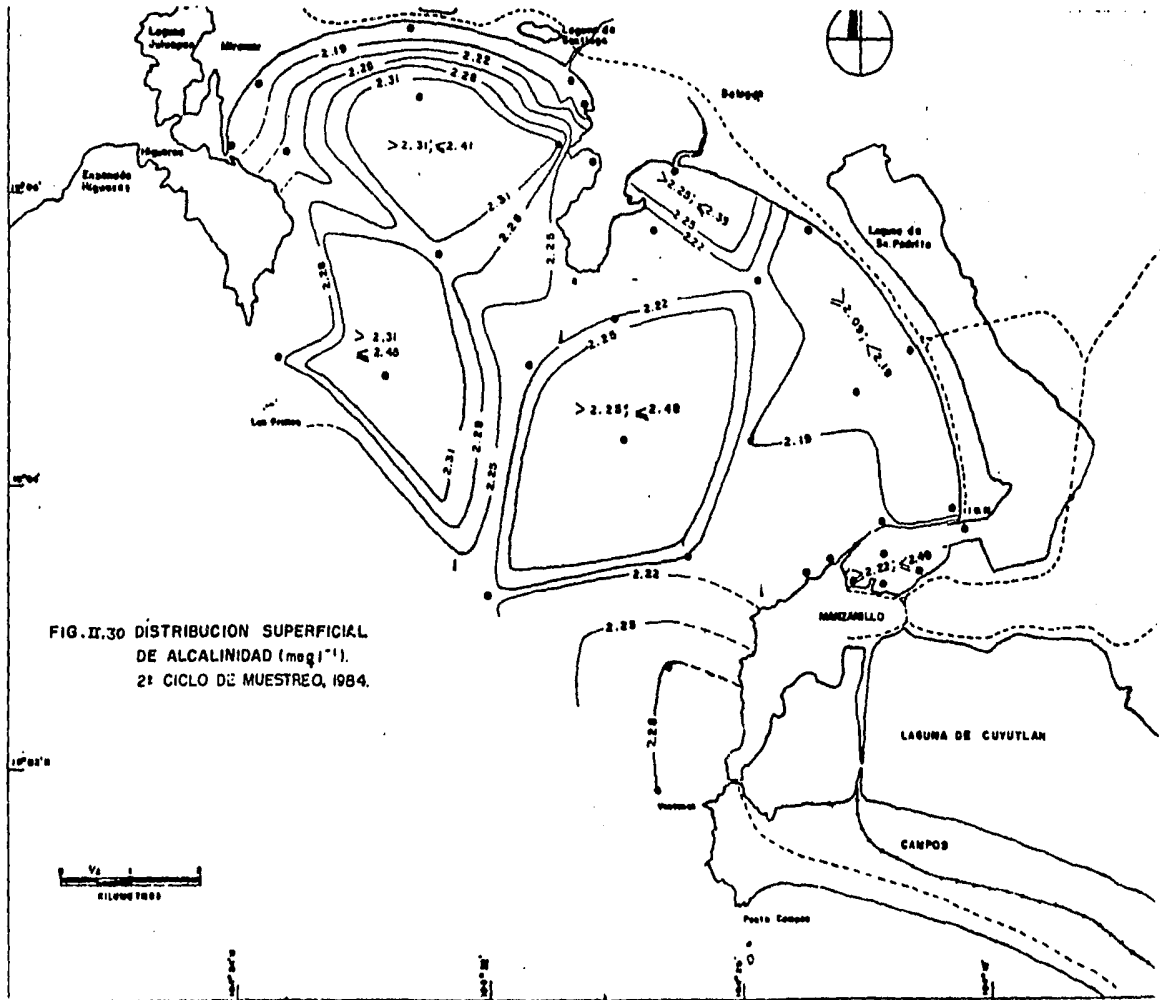


FIG. II.30 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE ALCALINIDAD (mg/l). 2º CICLO DE MUESTREO, 1984.

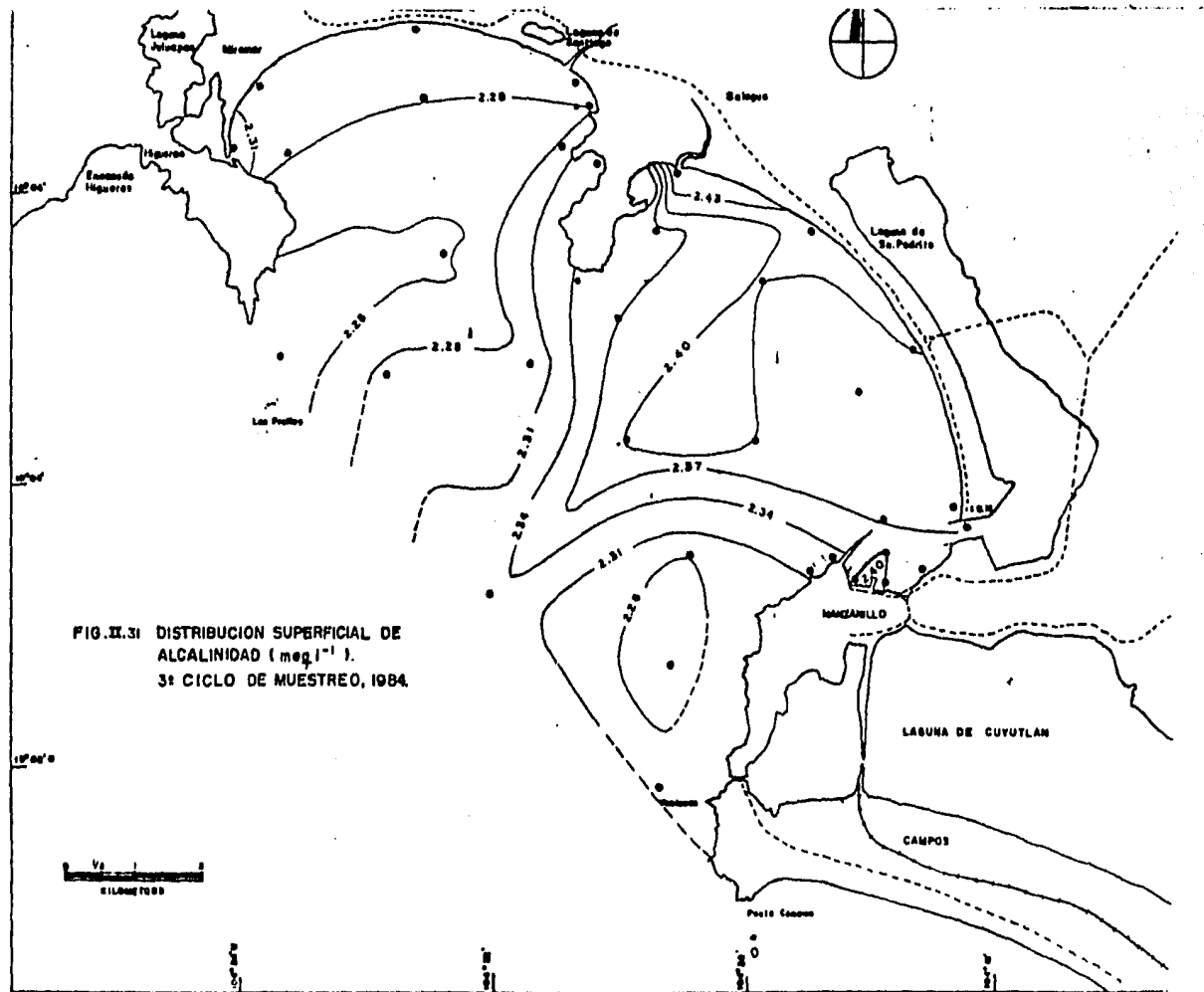
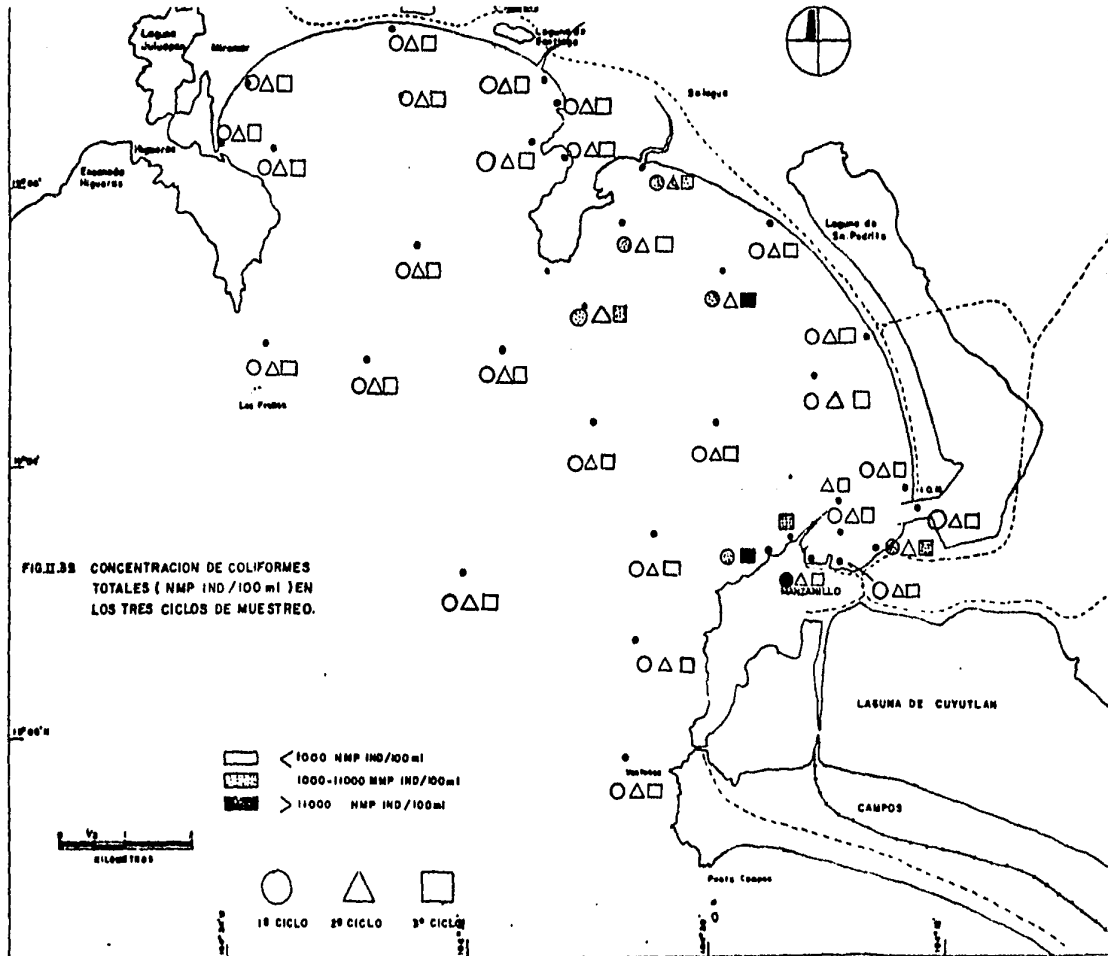


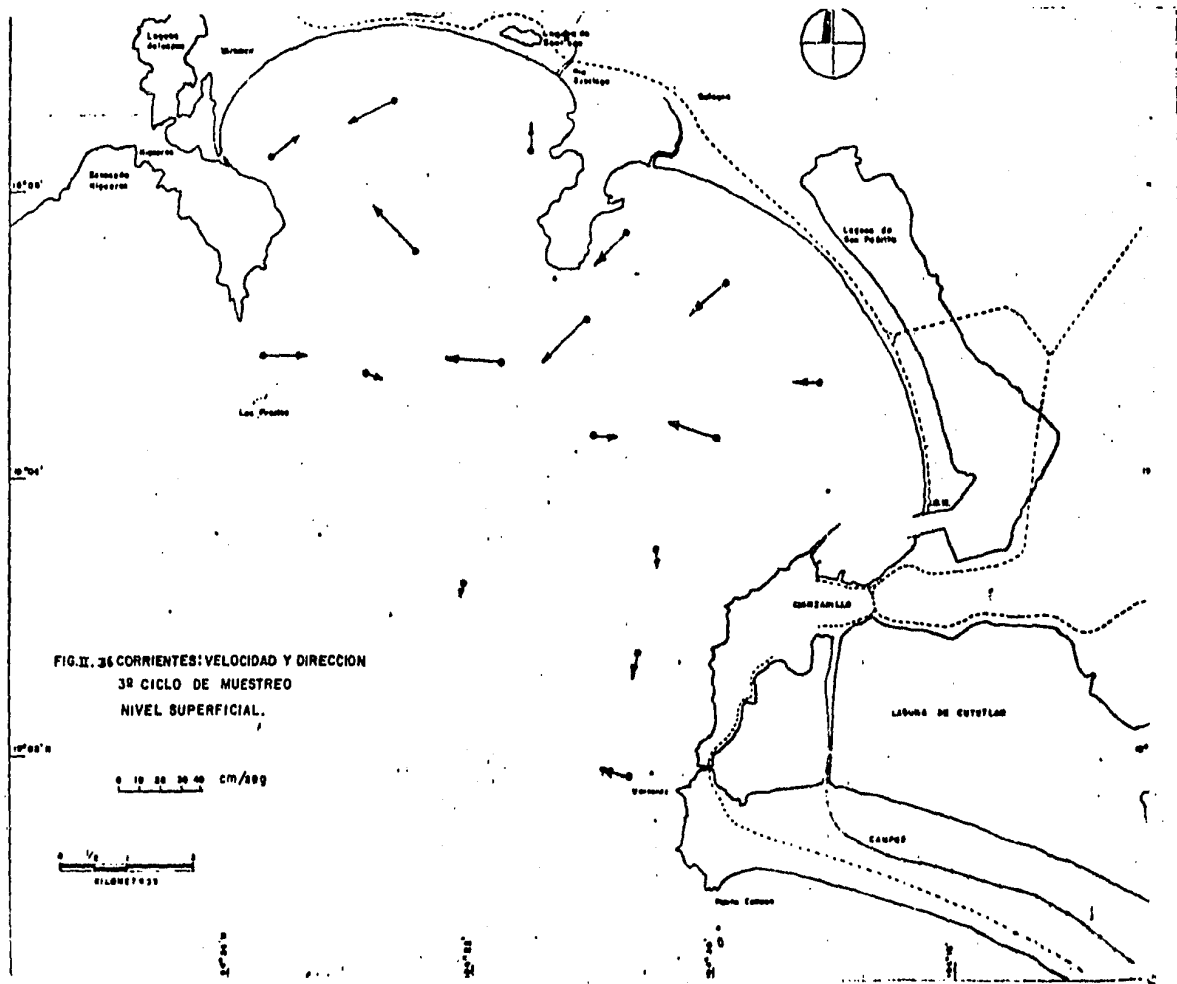
FIG. II.31 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE  
 ALCALINIDAD (meq l<sup>-1</sup>).  
 3<sup>a</sup> CICLO DE MUESTREO, 1984.











**FIG. II. 36 CORRIENTES: VELOCIDAD Y DIRECCION  
 3R CICLO DE MUESTREO  
 NIVEL SUPERFICIAL.**

## IX. BIBLIOGRAFIA

American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF)  
Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater  
15th ed. APHA  
USA 1980

Bensfield, L.D. and Randall, C.W.  
Biological Process Design for Wastewater Treatment  
Prentice-Hall, Inc.  
USA 1980

Brower, J.E. and Zar, L.  
Field and Laboratory Methods for General Ecology  
W.M.C. Brown Company Publishers  
USA 1980

Cabo; de la Puente y Catalán  
Bacteriología y Potabilidad del Agua  
Editado por los autores  
Imp. La Bolsa  
España 1972

Clifford, W.G.  
Desinfection of Wastewater and Water for Reuse  
Van Nostrand Reinhold Company  
USA 1978

Comisión de Conurbación Manzanillo-Barra de Navidad (COCOMABA)  
Demografía, Vivienda y Servicios Urbanos Básicos en la Zona Metropolitana de Manzanillo  
Colima, México 1981



Comisión de Comurbación Manzanillo-Barra de Navidad (COCOMABA)  
Plan Director Urbano del Centro de Población de Manzanillo, Col.  
Colima, México 1982

Comisión de Conurbación Manzanillo-Barra de Navidad (COCOMABA)  
Plan Parcial de Zonas de Crecimiento: Plan Director Urbano del  
Centro de Población de Manzanillo, Col.  
Colima, México 1984

Comisión Nacional Coordinadora de Puertos  
Estudio Nacional Portuario  
México, D.F. 1974

Chávez, J.C.  
Estudio Preliminar sobre la Densidad y Biomasa de Organismos  
Bentónicos Marinos en la Bahía de Manzanillo, Col.  
IV Congreso Nacional de Zoología  
Colima, México 1983

Eckenfelder, W.W.Jr. and O'Connor, D.J.  
Biological Waste Treatment  
Pergamon Press  
USA 1961

Figueroa, J.A.  
Carta Sísmica de la República Mexicana  
Instituto de Ingeniería, UNAM  
México, D.F. 1970

Goldberg, E.A.  
The Oceans and the Wastes of Human Societies. Impact of Man on the  
Coastal Environment  
Environmental Protection Agency (EPA)  
USA 1982

González Gómez, F.J.

Estudio de la Calidad del Agua en Bahía de Banderas

Tesis

Facultad de Química, UNAM

México, D.F. 1975

González Márquez, H. Biol.

Comunicación Personal

Departamento de Ciencias de la Salud, UAM-I

México, D.F. 1985

Harvey, H.W.

The Chemistry and Fertility of Sea Waters

Cambridge University Press

USA 1957

Lankford, R.

Descripción Geomorfológica de la Laguna de Cuyutlán

Instituto Oceanográfico de Manzanillo, SM

Colima, México 1977

Martin, F.

Marine Chemistry

Vol. I y II

Marcel Dekker

USA 1970

Mena, J.

Productividad en la Laguna de Cuyutlán, Col.

Instituto Oceanográfico de Manzanillo, SM

Colima, México 1979

Metcalf & Eddy, Inc.

Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal

McGraw-Hill Book Company

USA 1972

Meyer Willerer, A.O. Dr. Rex. Nat.

Comunicación Personal

Instituto Oceanográfico de Manzanillo, SM  
Colima, México 1985

Moctezuma, D.I.P. Arq.

Manzanillo: Plan Director de Desarrollo Metropolitano  
Secretaría de Programación y Presupuesto  
México, D.F. 1975

Morris, A.W. and Riley, J.P.

The Determination of Nitrite in Sea Water  
Analyst. Chem. Acta 29: 272-279  
USA 1963

Murphy, J. and Riley, J.P.

A Modified Single Solution Method for Determination of Phosphate in Natural Waters  
Analyst. Chem. Acta 27: 31-36  
USA 1962

Nemerow, N.L.

Aguas Residuales Industriales  
H. Blume Ediciones  
España 1977

Núñez, F.M.C.

Estudio Ictiológico en la Laguna de Cuyutlán, Col.  
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM  
México, D.F. 1980

Orozco Borbón, U. y Gutiérrez Galindo, R.

Contaminación Fecal Costera en la Zona del Puerto de Ensenada, B.C.  
Ciencias Marinas Vol. 9 (1) 27-34  
Universidad Autónoma de Baja California  
Baja California Norte, México 1983

Ortiz, J.

Evaluación de los Niveles Microbiológicos de Coliformes Fecales y  
Estreptococos Fecales Alcanzados en la Laguna de Cuyutlán, Col.

Tesis

ENEP Zaragoza, UNAM

México, D.F. 1981

Oseguera Velázquez, J.

Colima en Panorama

COCOMABA

Colima, México 1967

Pelczar, M.J.; Reid, R.D. and Chan, E.C.S.

Microbiology

4th ed.

McGraw-Hill

Nueva Delhi, India 1977

Riley, J.P. and Chester, R.

Chemical Oceanography

Vol. 6

2th ed.

Academic Press

London, Great Britain 1976

Riley, J.P. and Skirrow, G.

Chemical Oceanography

Vol. 1,2 y 3

2th ed.

Academic Press

London, Great Britain 1975

Rodier, J.

Análisis de las Aguas

Ediciones Omega

Barcelona, España 1981

Rosales Hoz, M.T.L.

Manual de Laboratorio de Oceanografía Química

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

México, D.F. 1980

Salvat, Biblioteca de Grandes Temas

La Contaminación

Salvat Editores, S.A.

México, D.F. 1974

Sawyer, C.N.

Chemistry for Sanitary Engineers

McGraw-Hill

USA 1960

Secretaría de Agricultura y Ganadería

Datos de Geografía y Meteorología del Estado de Colima

México, D.F. 1972

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

Estudio del Acarreo Litoral frente a la Laguna de Cuyutlán, Col.

México, D.F. 1974

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

Manual del Curso: Análisis de Aguas y Aguas de Desecho

Vol. I y II

México, D.F. 1984

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

Manual del Curso: Microbiología del Agua

México, D.F. 1980

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas

México, D.F. 1973

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología

Contaminación del Agua

México, D.F. 1984

Secretaría de Marina

Estudio Geográfico de la Región de Manzanillo, Col.

México, D.F. 1973

Secretaría de Programación y Presupuesto

Carta de Climas

Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL)

México, D.F. 1973

Secretaría de Programación y Presupuesto

Síntesis Geográfica de Colima

Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL)

México, D.F. 1981

Secretaría de Salubridad y Asistencia

Establecimiento y Puesta en Marcha de los Planes de Saneamiento Ambiental de las Aguas Residuales Urbanas: Estudio para Poderes Públicos y Municipios

México, D.F. 1981

Strickland, J.D. and Parsons, T.R.

A Practical Handbook of Sea Water Analysis

Bull. Fish. Res. Bd.

Canadá 1972

Sverdrup, H.U.; Johnson, M.W. and Fleming, R.R.

The Oceans

Prentice-Hall, Inc.

USA 1970

Welcher, F.J.

Standard Methods of Chemical Analysis

Vol. III, Part A

6th ed.

Van Nostrand Reinhold Company

USA 1966

Willard, H.H.; Merritt, L.L. y Dean, J.A.

Métodos Instrumentales de Análisis

Compañía Editorial Continental, S.A.

México, D.F. 1981

Wilson, A.L.

The Chemical Analysis of Water. General Principles and Techniques

The Society for Analytical Chemistry

London, Great Britain 1974