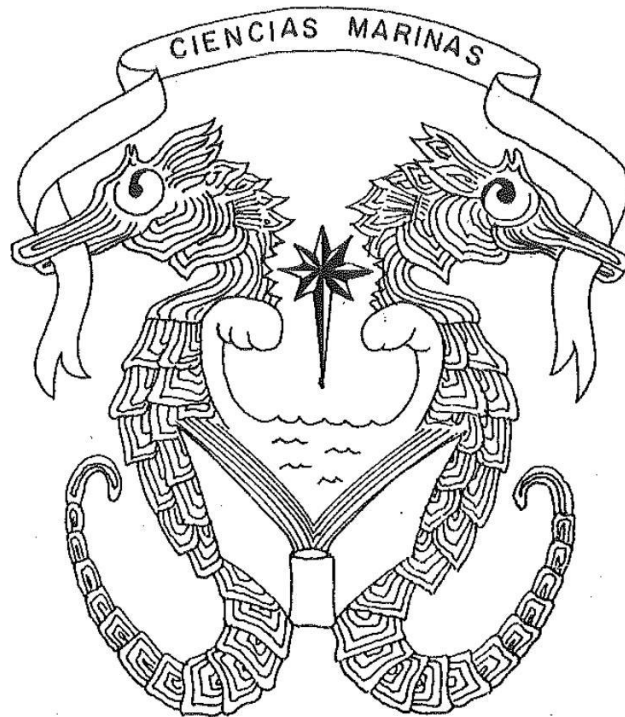




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

ASPECTOS HIDROLOGICOS PARA
EL DISEÑO DE UN EMISOR
SUBMARINO EN LA BAHIA DE
TODOS SANTOS, B.C. "



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL
TITULO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA

GUILLERMO MARIANO MARTINEZ GARCIA

ENSENADA, B.C.

DICIEMBRE 1988

Resumen

En la Bahía de Todos Santos, B.C. se realizó un ciclo anual de mediciones hidrológicas con muestreos mensuales iniciados en marzo de 1986, finalizando en marzo de 1987. Determinándose las variables siguientes: temperatura, salinidad, σ_t , oxígeno disuelto, estabilidad, nutrientes, y transparencia del agua.

Los resultados obtenidos en el transecto estudiado presentan dos periodos bien diferenciados, el primero durante primavera verano, caracterizado por alta estratificación de la columna de agua, con gran variabilidad de los datos, y el segundo correspondiente a la parte final de otoño e invierno, presentando condiciones de uniformidad vertical con pequeña dispersión de datos.

Se presenta un modelo de dilución simple para determinar los volúmenes de agua de mar necesarios para evitar que los contaminantes asciendan a la superficie. La información obtenida revela que en el verano se requiere de un volumen menor de agua para satisfacer esta condición a diferencia del invierno cuando aumenta notablemente, pudiendo inclusive llegar a la superficie.

Los resultados indican que en el transecto presentó condiciones favorables para la descarga de aguas residuales durante la época de primavera y verano, siendo desfavorables en el otoño e invierno.

Se presentan además algunas consideraciones batimétricas, y oceanográficas por las cuales se consideró el transecto estudiado adecuado para la posible instalación de un emisor submarino.

: Aspectos hidrológicos para el diseño de un emisora
submarino en la Bahía de Todos Santos, B.C.C.

Tesis
que presenta
Guillermo Mariano Martínez García

Aprobada por

Bect

Oc. Manuel Salvador Galindo Bect
Presidente del jurado

[Signature]
Oc. Hector Bustos Serrano
Sinodal Propietario

[Signature]
Oc. Bernardo P. Flores Baez
Sinodal Propietario

[Signature]
Oc. José A. Segovia Zavala
Sinodal Suplente

[Signature]
Oc. María Victoria Orozco Borbón
Sinodal Suplente

Dedicatoria

A mis padres

Francisco José Martínez de Hoyos (Q.E.P.D.)
Ruth García Vda. de Martínez

Para ambos con mi mas profunda admiración
y amor, por haberme enseñado con su ejemplo
y orientación los preceptos para caminar por
la vida

Papá mas vale tarde que nunca.....

Mamá lo prometido es deuda.....

A mis hermanos

Aunque distantes físicamente, siempre
guardamos recuerdos agradables y nos
extrañamos

Para mi Gorda

Que el amor sea entre nuestras existencias
un sentimiento vital

A mis amigos

Con ellos he descubierto el sublime
sentimiento de la amistad
A todos aquellos que me consideran su amigo
gracias por ayudarme y confortarme en los
momentos difíciles de la vida.

Agradecimientos

Esta tesis se elaboró con presupuesto obtenido del Convenio Secretaria de Marina, a través de la Dirección General de Oceanografía Naval, proyecto DCO 04/87, y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología proyecto PCCNCNA-050429.

A través del trabajo «Estudio Oceanográfico para la Instalación de Emisores Submarinos de Aguas Residuales en las zonas costeras Ensenada y Tijuana B.C.N.» Parte I.

Agradezco Al Oceanólogo Manuel Mancilla Peraza su confianza, para que saliera este trabajo, su entusiasmo científico y su amistad. Gracias por creer en mí.

A M. Salvador Galindo Bect, director de esta tesis, por su interés y ánimo para trabajar y explorar juntos nuevos caminos.

A los Oceanólogos, Hector Bustos Serrano, Bernardo P. Flores Díaz, Jose A. Segovia Zavala, y Maria V. Orozco Borbón, agradezco sus sugerencias que sirvieron para presentar un trabajo mas depurado y ascender en el campo profesional.

Sería sumamente extenso reconocer toda la ayuda recibida durante la realización de este trabajo, he llegado hasta aquí con la ayuda de muchas voluntades reciban todos ellos un sincero abrazo y digo sinceramente Gracias.....

INDICE

Pág

I.- INTRODUCCION.	
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Antecedentes	3
1.3 Descripción del área de estudio.....	12
1.4 Caracterización de la zona de estudio.....	17
1.5 Objetivos.....	23
II.- MATERIALES Y METODOS.....	24
2.1 Métodos de campo	
2.2 Métodos de análisis	
2.2.1. Salinidad	
2.2.2 Temperatura	
2.2.3 Oxígeno disuelto	
2.2.4 Nutrientes	
2.2.5 Transparencia del agua	
2.3. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	29
2.4. MODELO DE DILUCION PROPUESTO PARA EL EMISOR.....	35
III.- RESULTADOS.....	37
IV.- DISCUSIONES.....	66
V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
VI.- BIBLIOGRAFIA.....	83
VII.- ANEXOS	

Lista de figuras y tablas.

Página

gura 1.-	Representación esquemática de un sistema emisor difusor	8
gura 2.-	Localización de la zona de estudio.....	13
gura 3.-	Isopletras de temperatura.....	38
gura 4.-	Perfiles anuales de temperatura en la estación 4	41
gura 5.-	Intervalos de confianza (95 %) de temperatura y Salinidad para diferentes épocas del año ...	42
gura 6.-	Histogramas para Temperatura y Salinidad para el ciclo anual	43
gura 7.-	Isopletras de salinidad.....	45
gura 8.-	Diagramas T-S	48
gura 9.-	Isopletras de sigma-t.....	50
gura 10.-	Perfiles anuales de sigma-t, en la estación 4	51
gura 11.-	Isopletras de Oxígeno disuelto.....	54
gura 12.-	Intervalos de confianza (95%) de oxígeno disuelto y sigma t	56
gura 13.-	Porcentaje de saturación de Oxígeno disuelto en superficie y fondo	58
gura 14.-	Variación del porcentaje de penetración de la luz en la columna de agua	60
gura 15.-	Variación anual de la estabilidad de la columna de agua	62
gura 16.-	Variación de las concentraciones de nutrientes durante un semestre en la estación 3	64

Lista de tablas

- bla I.- Volumen de aguas negras captado por la planta de tratamiento de aguas residuales de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada (CESPE) durante el año de 1986
- bla II.- Eficiencia en porcentaje y características físicas y químicas promedio de la planta de aguas negras de la CESPE.....
- bla III.- Resultados de temperatura (C.) Salinidad (‰), Oxígeno disuelto (ml/l), sigma-t, Estabilidad (m-1).....
- bla IV.- Resultados de los nutrientes y transparencia del agua.....
- bla V.- Valores promedio, desviación estándar e intervalos de confianza para la temperatura y salinidad en superficie y fondo
- bla VI.- Valores de sigma-t, determinados en Punta Loma Cal. E.U.A. y la Bahía de Todos Santos, B.C.
- bla VII.- Valores del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto en las estaciones 3 4 y 5 durante el ciclo anual.....
- bla VIII.- Variación anual del coeficiente de extinción de en la estación 3
- bla IX.- Volumen de agua de mar necesario para lograr la dilución de las aguas negras en la la columna de agua.....

I.- INTRODUCCION

1.1 Planteamiento del problema

Las zonas costeras constituyen un patrimonio importante debido a la cantidad de recursos, y usos que el hombre puede hacer de ella. Dándole un alto valor desde el punto de vista económico, puesto que allí se realizan actividades turísticas y recreativas, así como desde el punto de vista biológico por su alta productividad reflejada en la variedad y cantidad de especies marinas, constituyendo un recurso potencial y ecológico explotable.

Los beneficios múltiples que se pueden obtener, han ocasionado intereses muy diversos, algunas veces contrapuestos, y que aunado a la falta de planeación y regulación de actividades, ocasionan una problemática compleja reflejada en alteraciones al medio ambiente.

Uno de los problemas que afecta a la población es sin duda alguna, los vertimientos de las aguas residuales tanto domésticas como industriales, a la Bahía de Todos Santos,

puesto que los métodos utilizados hasta la fecha han ocasionado alteraciones en el cuerpo receptor, constituyendo un peligro potencial al que tiene que enfrentar la comunidad de la ciudad, considerando la magnitud, persistencia, y efectos nocivos al medio ambiente marino.

Por lo tanto es necesario plantear una alternativa de solución para resolver esta situación que debe ser analizada bajo diferentes puntos de vista que incluyen los campos científicos, económicos y sociales a fin de contar con una solución apropiada que resulte en beneficio de toda la sociedad.

El manejo de los desechos de la sociedad, requiere de una evaluación cuidadosa sobre una variedad de opciones basadas en las realidades técnicas y científicas, donde también se incluyan consideraciones económicas y sociales, para no transferir el problema de un sector a otro (Crystal Mountain, 1979).

Actualmente existen múltiples tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales, con características particulares en costos y aplicaciones. En este trabajo se explora la posibilidad de utilizar la capacidad asimilativa de las aguas de la bahía para absorber los contaminantes descargados a través de un emisor submarino.

1.2. Antecedentes

La Bahía de Todos Santos, B.C., ha sido modificada en sus condiciones naturales, debido a una serie de factores de muy diversa índole. Por una parte, el crecimiento rápido de la población, que es del orden de 5.83 % anual (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1980) ha ocasionado que los servicios públicos, donde se incluye el tratamiento de aguas residuales no haya crecido en la misma forma.

La expansión de la industria pesquera, ha sido notable en estos últimos diez años, lo que se refleja en el aumento de su capacidad de trabajo y por lo mismo en el volumen de aguas residuales generado.

Estos vertimientos generan cambios ambientales, los cuales han despertado el interés de la comunidad científica que ha realizado diversos estudios sobre este tema.

Los estudios incluyen la caracterización química y bacteriológica de las fuentes contaminantes (Rivera Duarte et al., 1979 ; Segovia Zavala, J. A. y Galindo B, 1982; Instituto de Investigaciones Oceanológicas, 1982 ; Segovia Zavala, J. A. y Galindo Bect, M.S, 1984 ; Peña Manjarrez, J.L. 1987), comportamiento y efectos en la calidad física y química del agua (I.I.O., 1982; Rivera Duarte, I, 1984 ; Arce

Duarte, F, 1984). y sedimentos (I.I.O., 1983), así como los efectos sobre las comunidades bentónicas (Lizárraga Partida, M.L. 1973 ; Secretaría de Marina, 1981). Baltazar Valenzuela, E. ; 1984, Encalada Fleites, R. 1987) notándose cambios en la abundancia y diversidad de las especies biológicas que viven en las cercanías de las descargas.

La información generada ha permitido definir algunos patrones generales sobre la distribución de los contaminantes en la bahía, indicando una fluctuación estacional con mayores descargas orgánicas durante primavera y verano disminuyendo sensiblemente el resto del año (Rivera Duarte, I. 1982 ; Segovia Zavala, J. A. 1982 ; Sañudo Wilhelmy, S. 1984 Arce Duarte, F. 1984)

Las características físicas y químicas de las aguas residuales son altamente contaminantes por su gran cantidad de material orgánico (Ver Anexo 1), siendo la industria pesquera la que contribuye con la mayor carga orgánica a la bahía (Peña, 1987).

Las descargas domésticas presentan una menor carga orgánica, representando un 35 % de la carga de las industrias, pero se caracteriza por altas concentraciones de bacterias coliformes que representan un peligro potencial desde el punto de vista de salud pública (Orozco Borbón, M.V.

y Sañudo Wilhelmy, 1985; Delgadillo Hinojosa, F. 1985).

La planta de tratamiento, para las aguas negras domésticas tiene una eficiencia baja, menor del 30 %, (Segovia Zavala J. A. y Galindo B, 1984; Peña Manjarrez, J. L. 1987) lo que representa un peligro potencial para las condiciones del cuerpo receptor, pues lejos de disminuir la contaminación la puede agravar. Las modificaciones generadas por los vertimientos de aguas residuales han sido detectadas hasta un kilómetro de la costa (Rivera Duarte, I. et al., 1982).

En la actualidad existen alternativas para el manejo de las aguas residuales. Estas se han aplicado en zonas agrícolas para riego de algunos vegetales, y en las ciudades para irrigación de zonas verdes. No obstante, el volumen de agua que se puede recircular está restringido por el área que ocupan estas zonas. También se han utilizado en la rehabilitación de zonas erosionadas. Se ha logrado el reciclaje de las aguas residuales, pero los costos de tratamiento son elevados, por otra parte se tiene el problema de la eliminación de los sólidos suspendidos y de algunas sales disueltas que deben ser removidas y desechadas de alguna forma, para mantener el equilibrio natural. El tratamiento terciario con un efluente de calidad potable es posible pero cuesta diez veces más que un tratamiento

primario (Crystal Mountain, 1979).

Se han desarrollado proyectos para aprovechar las aguas residuales en la acuicultura. Ryther (1975), realizó una serie de experimentos con aguas residuales de efluentes secundarios, llegando a resultados satisfactorios, sin embargo el caudal con los que estos sistemas pueden operar es reducido.

El uso de la capacidad asimilativa del océano, para algunos contaminantes biodegradables es una de esas opciones: siempre y cuando los contaminantes sean vertidos a través de un medio apropiado, con la concentración adecuada, en el lugar preciso, y en el momento oportuno.

Un método de vertimiento que facilita la asimilación, consiste en el empleo de emisores submarinos acoplados a difusores y plantas de tratamiento primario (Grace, 1973).

Un sistema emisor-difusor es un mecanismo de conducción que transporta las aguas residuales con un tratamiento primario, a través de una tubería submarina que vierte los desechos a un sitio apropiado y lo descarga a una determinada profundidad. Un difusor, es un tubo de cierta longitud localizado al final del emisor, el cual se encuentra cerrado en el extremo final. A lo largo del tubo difusor existen

perforaciones de un diámetro construido bajo un diseño, el cual es capaz de descargar el efluente con igual volumen en cada perforación, provocando una dilución inicial uniforme del contaminante en las aguas adyacentes (Lin, 1982). (Figura 1).

Los objetivos de un emisor son utilizar el volumen inmenso de agua de mar y las corrientes submarinas para diluir y dispersar el efluente, a fin de cumplir con los estándares de calidad de agua del cuerpo receptor, evitando dañar los sistemas ecológicos así como mantener los recursos naturales (Chi-tze, et al., 1982).

La alternativa de un emisor en combinación con un pretratamiento solo para la remoción de sólidos flotantes, grasas y aceites, posee algunas ventajas sobre las soluciones convencionales que utilizan tratamiento secundario de las aguas residuales con descargas en tierra.

Dentro de las ventajas que ofrece es que se pueden alcanzar diluciones inmediatas del orden de 100 a 1, lo que reduce la concentración de sustancias orgánicas y nutrientes a niveles que no tengan efectos ecológicos adversos en el mar, por el contrario, la introducción de estas sustancias en un ambiente generalmente deficiente de nutrientes, podría ser benéfico en muchas circunstancias (Pike y Gemeson, 1970).

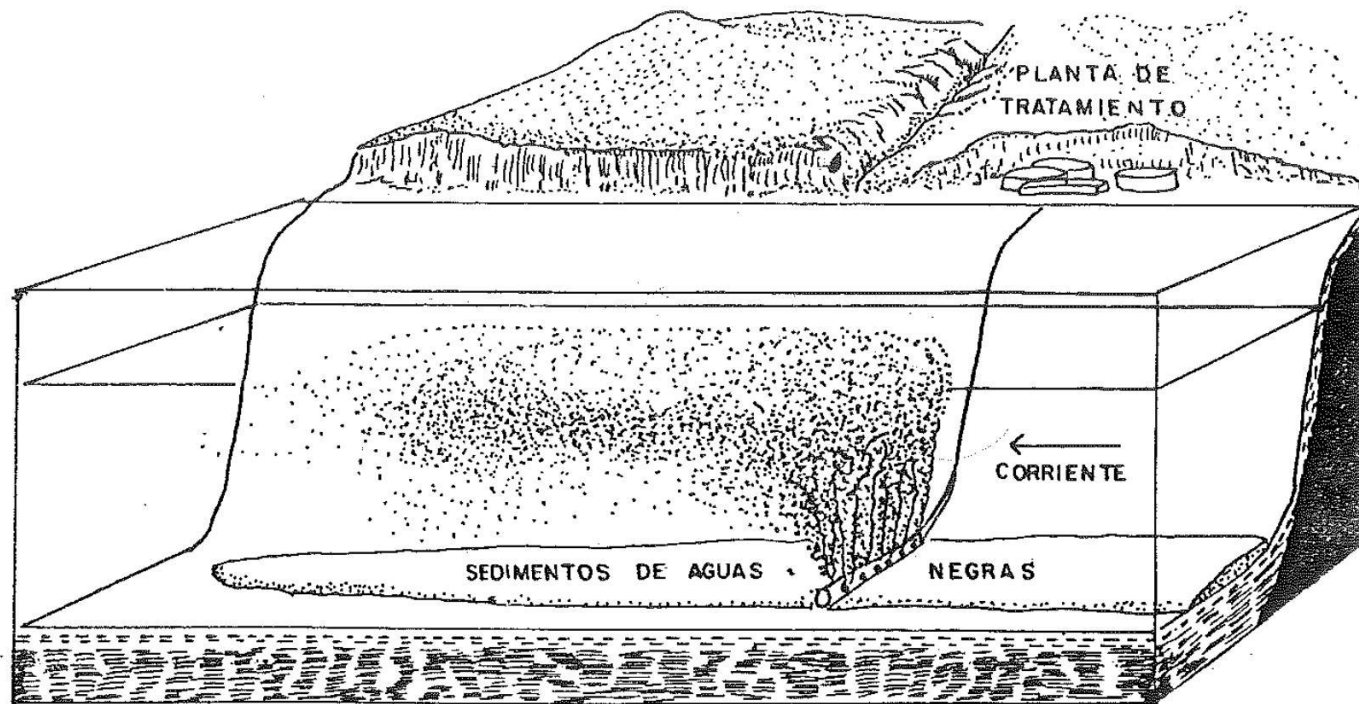


Fig. 1.- Representación esquemática de un sistema emisor difusor.

Eppley, et al., 1972).

Ludwig (1983) llevó a cabo un análisis económico comparando el uso de diversas tecnologías. Encontrando que la diferencia de costos, de construcción, mantenimiento y operación entre el tratamiento secundario convencional, y los emisores con solo tratamiento primario convencional, favorece a esta última. Esta conclusión se basa en la factibilidad con que un emisor submarino, diseñado apropiadamente, cumpliría con los estándares de coliformes totales y fecales para las zonas con contacto primario.

Los costos de construcción de un emisor submarino fueron analizados por Wallis (1979), reportando que éstos se encuentran en función de las condiciones oceanográficas presentes en la zona, los métodos de construcción utilizados, la longitud del emisor, diámetro de la tubería y por el tipo de materiales empleados.

ZoBell, C. (1956) ha demostrado que los organismos patógenos introducidos en las aguas residuales, se ven sujetos a una disminución rápida a través de procesos como la dilución, predación y efecto bactericida del agua de mar.

Para la instalación y diseño de un emisor submarino es necesario realizar un estudio oceanográfico integral, donde

intervengan todas las disciplinas que la conforman, aparte de la aplicación de diseños hidráulicos e ingenieriles.

Los conocimientos requeridos por esta obra son los siguientes:

1.- Requerimientos de calidad de agua, esto es la determinación de los estándares del cuerpo receptor.

2.- Investigación oceanográfica. Es necesario realizar estudios extensivos sobre las corrientes perfiles verticales de temperatura y salinidad, batimetría, topografía del fondo así como el estudio de la biología marina del área.

3.- Selección del sitio de estudio. La localización del emisor debe hacerse basándose en las corrientes favorables, intercambio de masas de agua, profundidad suficiente, compatibilidad con las instalaciones en tierra, así como con los usos de la zona costera adyacente.

4.- Determinación de los valores de los parámetros de diseño. Para realizar un análisis de difusión es necesario estimar los valores de algunas constantes.

a) Mortandad de bacterias coliformes

b) Ancho inicial del campo de desechos

c) Evaluación del coeficiente de difusión

d) Dilución inicial del campo de aguas negras

5.- Determinación de la longitud requerida del emisor para diversos arreglos del difusor

6.- Diseño hidráulico apropiado del sistema emisor-difusor.

Por la complejidad de conocimientos requeridos para diseñar e instalar un emisor submarino este trabajo se restringe a la evaluación de la condiciones hidrológicas presentes en la Bahía de Todos Santos, B.C., durante un ciclo anual.

1.3 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

La Bahía de Todos Santos, B.C., se localiza entre los paralelos $31^{\circ} 43'$ y $31^{\circ} 54'$ Norte, y entre los meridianos $116^{\circ} 36'$ y $116^{\circ} 49'$ Oeste. (figura 2). Esta Bahía es grande y abierta con una área aproximada de 167.6 kilómetros cuadrados (Morales Zuñiga., 1977), siendo de aguas someras, cerca del 90 % del fondo se encuentra entre los 10 y 50 metros de profundidad y el resto forma parte del angosto cañon submarino de Todos Santos, entre las islas del mismo nombre y Punta Banda, con salida al Suroeste. La bahía tiene dos entradas bien diferenciadas, la entrada al Noroeste, de 12 kilómetros de longitud, con profundidades menores de 50 metros con algunos bajos. La entrada al Suroeste tiene seis kilómetros de longitud y profundidades considerables. Al fondo de la entrada al Suroeste presenta pendientes pronunciadas sobre todo en las proximidades de las islas. A un kilómetro de la isla Sur en dirección a Punta Banda la profundidad alcanza 150 metros y a dos kilómetros es casi de 400 metros en el fondo del cañon submarino. Punta Banda tiene una prolongación submarina de tres kilómetros hasta la isobata de 50 metros, a partir de la cual la pendiente cambia bruscamente al borde del cañon submarino, haciéndose muy pronunciada. En la bahía, las isobatas superiores a 50 metros son irregulares y solo a partir de la isobata de 15

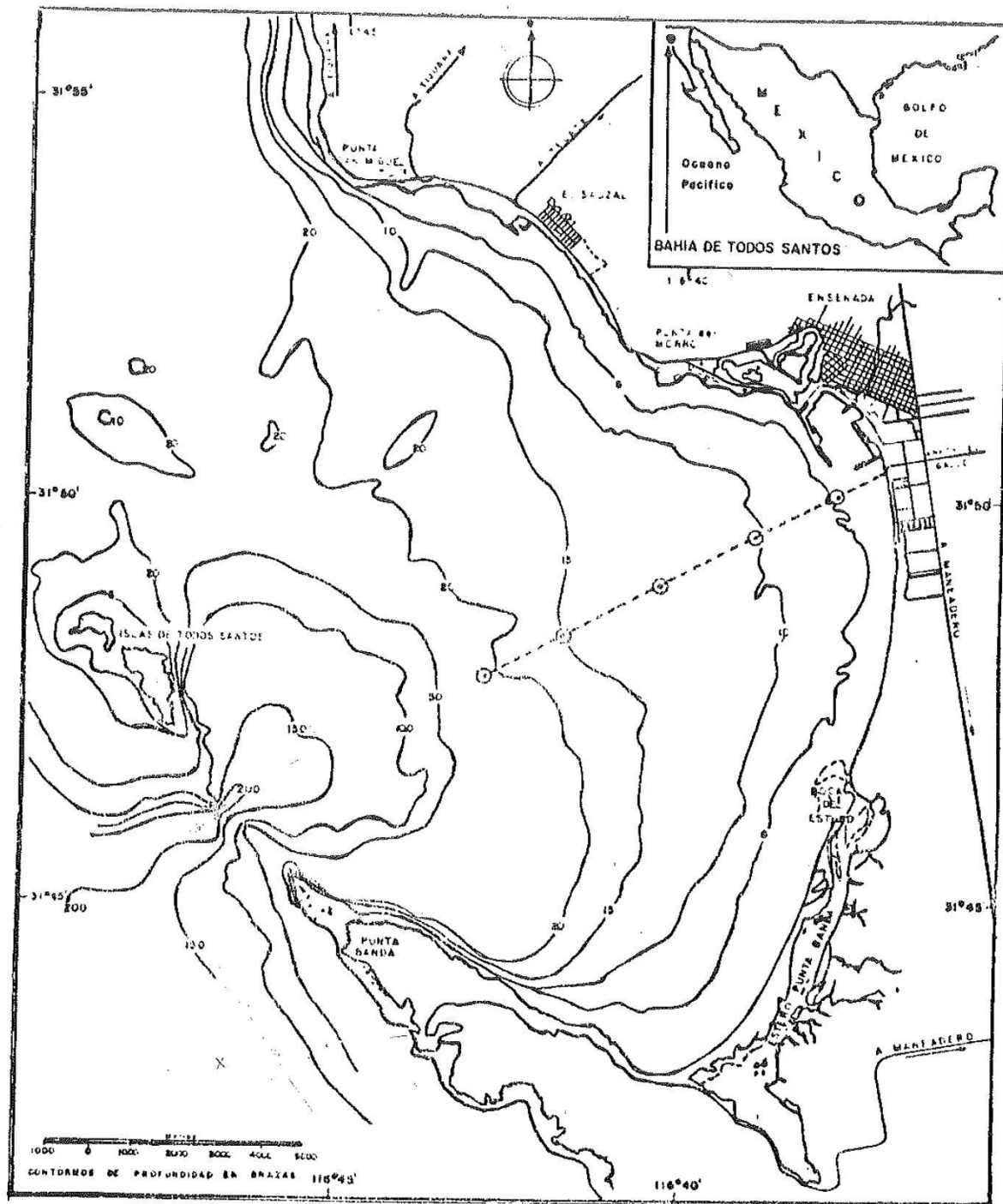


Fig. 2.- Localización de la zona de estudio

metros tienden a ser paralelas a la línea de costa, especialmente en la margen Este que está formada por playas arenosas (Secretaría de Marina, 1974). La costa Norte es rocosa, con excepción de algunas playas de bolsillo aisladas (Cruz-Falcon, 1988,).

Características climatológicas

El clima de esta región está principalmente influenciado por el centro de alta presión del Pacífico oriental, cuyo centro se localiza al Noroeste, entre Hawaii y Alaska. Las variaciones en la localización del sistema, sus cambios de presión y límites, determinan los vientos y ciclones que entran a la zona costera (State Water Quality Control Board, 1965).

En verano las presiones se incrementan y su influencia se proyecta sobre el continente ocasionando que las tormentas no arriben a esta área. Como consecuencia se presentan veranos templados y secos. En invierno, el centro de alta presión se debilita y se mueve al Sur y al Oeste. Por consiguiente los frentes fríos llegan a Baja California, causando lluvias con precipitaciones modestas (Reid, et al. 1958).

Sobrepuestas a este patrón climático general están las

modificaciones resultantes de la topografía, orientación de la línea de costa, sistemas de presión local y el mar adyacente.

En escala más pequeña y menos espectacular que los vientos ocasionados por los sistemas de alta presión, pero que tienen influencia significativa, son las Brisas marinas, presentes durante todo el año, que se desarrollan por calentamiento diferencial entre el mar y la tierra (Stevenson, 1960).

En la Bahía de Todos Santos, se presenta predominantemente el regimen de Brisas, con viento de mar a tierra durante el día, que se acentúa especialmente después de medio día. Durante la noche el viento sopla de tierra a mar con dirección variable e intensidad muy baja (Pavía López, 1978). Existe dominancia marcada de la dirección Noroeste, con velocidad promedio de 4 m/seg, especialmente en los meses cálidos del año. La dirección Oeste es la que sigue en importancia, presentándose en el invierno (Alvarez, 1970). De octubre a enero el régimen de brisas se suspende esporádicamente y se presenta la condición Santana, con vientos de escasa humedad en dirección Este.

En general, los vientos con dirección Norte y Noroeste son más intensos en las costas de Baja California, durante

los meses de abril y mayo (Reid, et al. , 1958), siendo de gran importancia porque favorecen la generación de los eventos de surgencia. Estos pueden presentarse en cualquier época del año si las condiciones del viento son favorables (Smith, 1968)

Los cambios hidrográficos que tienen lugar en zonas costeras a lo largo de la costa de California, son causados por los cambios estacionales en el sistema de la Corriente de California y son similares a ellos (Smethie, 1972).

1.4.- Caracterización del zona de estudio.

La localización de la zona de estudio se fundamenta en ubicar el área que reúna las características hidrológicas adecuadas de la columna de agua útiles para los ingenieros sanitarios puedan diseñar y posicionar un sistema efectivo emisor-difusor. Sin embargo, no solo la estructura físico-química de la columna de agua es importante, sino también debe considerarse que el tendido de la tubería en el océano, requiere conocer las características geológicas, batimétricas, de factibilidad ingenieril y características ambientales.

Considerando lo anteriormente expuesto, se presentan diez razones por las cuales se diseñó la estrategia de muestreo en el área donde se realizaron las mediciones hidrológicas.

1.- Proximidad de la planta de tratamiento y terminal del sistema colector actual. La ubicación actual de la planta de tratamiento y terminal, pueden ser aprovechados a fin de evitar erogaciones posteriores que sería necesario hacer al cambiarla hacia otro lugar. El sistema de tratamiento actual podría, de ser manejado correctamente, proporcionar el tratamiento primario en forma adecuada. Los contaminantes convencionales vertidos por una

planta de tratamiento (Sólidos suspendidos, y DBO), pueden ser inocuos para el océano si el tratamiento primario es adecuado y se combina con un sistema emisor-difusor bien diseñado (Lin, 1982). De no considerar lo anteriormente expuesto se tendría que diseñar y construir una planta nueva, y reubicar la posición del emisor submarino.

2.- Terrenos municipales aledaños que permitirían aumentar la capacidad de tratamiento actual y facilitarían labores de construcción.

3.- Ausencia de afloramientos rocosos. El estudio de ~~de~~ Cruz Falcón (1983), estima la profundidad al basamento rocoso a lo largo de un perfil costero de la Bahía de Todos Santos, encontrando que la profundidad a la altura donde se ubicaría la posible introducción del emisor, está por debajo de los 230 metros. Lo que permitiría enterrar la tubería en las zonas críticas, como sería la zona de rompiente. Con respecto a la zona de plataforma adyacente, el análisis de la carta de la Bahía de Todos Santos (Secretaría de Marina 1981), revela que la zona por donde se ubicó el transecto de estudio, está libre de afloramientos rocosos, que dificultarían la instalación de una tubería sobre el fondo marino.

4.- La pendiente de la plataforma es suave y permitiría

el flujo adecuado dentro de la tubería hasta alcanzar una profundidad de 30 a 40 metros. El cálculo de la pendiente sobre el plano batimétrico, tiene una inclinación de 0.4%.

5.- La existencia de una zona de amplia plataforma sin pendientes bruscas con desnivel escaso en donde la longitud requerida del difusor puede ajustarse a la topografía del fondo. La pendiente suave es importante porque de esta forma se evitan deslaves en el área de construcción que pudieran perjudicar a la tubería. A diferencia de la zona Norte de la Bahía que presenta bajos, y en Punta Banda donde se tienen pendientes muy pronunciadas cercanas a la orilla.

6.- Un área extensa con profundidades menores de 60 metros que bajaría los costos de construcción inspección y mantenimiento. Al aumentar la profundidad en las obras de ingeniería oceánica, se haría necesario utilizar tecnología más compleja en el tendido de las tuberías, por otra parte las revisiones rutinarias a la instalación se complicarían puesto que las operaciones de buceo se harían a profundidades mayores y serían más riesgosas, reflejándose todo lo anterior en el aumento de los costos.

7.- El material del lecho marino consiste de arena y se facilitaría la labor de enterrado de la tubería en zonas críticas. A lo largo de la zona propuesta en este estudio se

presenta material arenoso teniendo una mediana entre 1 y 2 fi observado a lo largo de las playas entre el puerto de Ensenada y el extremo sur del Estero de Punta Banda (Walton, 1955). Permitiendo enterrar la tubería en la zona de rompientes, la cual es altamente dinámica y podría destruir o dañar la instalación por efecto del oleaje de tormenta o bajo condiciones extremas. Cruz Falcón, (1983) determinó los cambios de depositación y erosión durante un ciclo anual, en la zona comprendida entre el arroyo el Gallo y playa Hermosa, conociéndose de esta manera la profundidad, a la que debe ser enterrada la tubería para su protección, sugiriéndose se haga entre 1.5 y 2.0 metros bajo el nivel de máxima erosión, continuándose enterrado a esta profundidad, hasta alcanzar la isobata de 15 metros bajo el nivel medio del mar. Todas estas características encontradas en el fondo de la bahía facilitan el tendido de las tuberías, eliminando la necesidad de utilizar estructuras de soporte a lo largo del transecto. Con respecto a la estructura sedimentológica de la parte central de la bahía Walton (1955) reportó que se está formada por grupos de mediana de 2 y 4 fi, correspondientes a arenas finas y limos respectivamente, características que ayudan a enterrar una tubería oceánica en el fondo.

3.- Se dan facilidades para trazar la ruta de tendido en línea recta. Esta situación es muy deseable para el tendido de una tubería ya que al evitar ángulos en el transecto, se

disminuye la posibilidad de acumulaciones del material descargado, así como tapones de aire que pudieran impedir el flujo adecuado de las aguas residuales en su interior. Por otra parte se facilita la construcción en términos de alineación, y colocación de la tubería, puesto que todas las secciones serían iguales, evitando el uso de anclajes especiales que sería necesario utilizar al existir cambios de dirección en el tendido de la tubería.

9.- Esta es una zona donde no existe riesgo sísmico. Los estudios de gravimetría de González Serrano, (1977) y Cruz Falcón (1983) revelan la ausencia de fallas alrededor de la zona potencial para el tendido del emisor, constituyendo un factor de seguridad para la obra. A diferencia de Punta Banda y Punta San Miguel, donde existen fallas activas en el terreno y deslizamientos por gravedad.

10.- Fácil acceso a una cañón submarino de aguas profundas lo que ayudaría a la dispersión del contaminante.

11.- Con respecto a la circulación de aguas en el interior de la bahía, Argote Espinoza, et al., basados en la distribución de algunas variables hidroológicas han propuesto hipótesis posibles para explicar el movimiento. Poniendo de manifiesto la importancia del viento y de la configuración del fondo sobre la circulación. Así mismo, se predicen cambios en la circulación durante el año, debido a los cambios en dirección

que el viento presenta.

La circulación del agua en el interior de la bahía, está siendo estudiada en la actualidad, ya que forma parte de los estudios necesarios en la instalación de un emisor submarino (Mancilla Peraza, M. y Robles).

1.5. OBJETIVOS

- 1.- Caracterización del área de estudio.
- 2.- Conocer las características hidrológicas relevantes durante un ciclo anual para el funcionamiento adecuado del emisor.
- 3.- Utilizando un modelo de dilución inicial, calcular los volúmenes de agua ambiente necesarios para realizar la dilución inicial adecuada del efluente en el medio marino.

II.- MATERIALES Y METODOS.

2.1. Métodos de campo.

El trabajo consistió en cubrir un transecto perpendicular a la costa durante un ciclo anual con origen en el arroyo el Gallo, con un rumbo de Sur 50° Oeste, con una longitud aproximada de 10.5 kilómetros. (figura 2).

El período de estudio comprendió la realización de muestreos mensuales, iniciados en marzo de 1986 finalizando en mayo de 1987. Las fechas de las campañas de medición fueron las siguientes: durante el año de 1986, 4 de marzo, 4 de abril, 10 de mayo, 16 de junio, 3 de julio, 12 de agosto, 10 de septiembre, 7 de octubre, 6 de noviembre, 7 de diciembre, y durante el año de 1987, el 22 de enero, 12 de febrero, 4 de marzo, 14 de abril y finalmente el 14 de mayo. 7

Se utilizó una embarcación de 5 metros de

longitud, provista de material y equipo necesario para realizar lances hidrológicos.

El transecto se dividió en cinco estaciones de muestreo localizadas a 1.8, 3.2, 5.9, 8.4 y 10.2 kilómetros de la costa. En cada localidad, dependiendo de la profundidad observada, se hacían hidrocalasa 1.0, 10.0, 20.0, 30.0 y 35.0 metros. Esta se registraba en forma continua por medio de una ecosonda Raytheon modelo DE-7193. Para ubicar los puntos de interés en la carta de la bahía, se utilizó una brújula de punterías orientada a puntos relevantes sobre la costa, y junto con la profundidad permitía referirlos al plano de la Bahía de Todos Santos, B.C. La alineación de la embarcación al transecto se realizaba a través de un tránsito que marcaba el rumbo desde tierra, manteniendo la comunicación con la lancha a través de radios transmisores.

Para la colecta de muestras se utilizaron botellas Niskin de 1.7 litros de capacidad, marca General Oceanics, modelo 1010 integrándose con marcos portatermómetros con un arreglo de dos termómetros, uno tipo reversible protegido marca Kahlsico modelo 295WA100, con precisión de 0.01°C , y otro reversible tipo pesquerías marca Kahlsico modelo 295WA250, con

precisión de 0.1°C . Este arreglo por botella, permitió una confiabilidad mayor en los registros obtenidos.

Con el propósito de conocer a mayor detalle la estructura de la capa superficial de la bahía, se determinó en cada estación, el perfil de temperatura utilizando un termohalino conductímetro marca Beckman, modelo RS5-3, provisto con sensor y cable de 12 de metros. Este se hacía descender metro a metro a través de la columna de agua registrando las variaciones térmicas de esta capa.

La temperatura superficial se determinó con un termómetro de cubeta, marca Kahlsico modelo 295WA105, con precisión de 0.1°C .

Para cada localidad se colectaron muestras para análisis de Salinidad (S ‰), Oxígeno disuelto (OD ml/l), y nutrientes (fosfatos, nitratos, y nitritos)(micro g-at/l).

Con los datos de temperatura y salinidad se computó la densidad in situ, expresada como sigma-t, la estabilidad de la columna de agua (E) y la frecuencia de Brunt-Vaisalla (BV).

2.2 Métodos de análisis.

2.2.1 Determinación de la Salinidad.

La salinidad se determinó por el método conductimétrico, utilizando un salinómetro de inducción marca Beckman, modelo RS-3, con precisión de ± 0.003 ‰. Según el método recomendado por UNESCO (1966).

2.2.2. Determinación de la temperatura.

Las lecturas obtenidas en los termómetros de precisión se les aplicaron las correcciones correspondientes para obtener el valor real de la misma, siguiendo el método recomendado por la Armada de los Estados Unidos (1964). El valor corregido de los termómetros reversibles protegidos se calculó a partir de la fórmula siguiente:

$$T_w = T + C + I$$

donde:

T_w = el valor corregido, es decir el valor real de

temperatura

T = Lectura del termómetro principal

I = Índice de corrección por errores de escala

del

termómetro principal

C = Corrección por expansión térmica que
tiene la forma siguiente:

$$C = \frac{(T + V_0)(T - \tau)}{k - 100}$$

donde:

V_0 = Volumen de mercurio por debajo de la marca
de 0 °C, determinada a 0 °C

en el tubo invertido.

Expresado en grados centígrados, provisto

en la

hoja de calibración.

τ = Lectura de la temperatura del termómetro
auxiliar, corregido por errores de índice
de acuerdo a la hoja de calibración.

k = $1/\alpha$ = recíproco del coeficiente de expansi

ón

térmica para el sistema de termómetros, pr

ovisto

en la hoja de calibración

2.2.3 Determinación del oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto se analizó por el método macro Winkler, descrito por Strickland y Parsons (1972).

2.2.4. Determinación de nutrientes

Los nutrientes determinados fueron los fosfatos (ortofosfatos), nitratos y nitritos.

Para la determinación de éstos se utilizaron los métodos espectrofotométricos específicos para cada uno de ellos, con las modificaciones necesarias propuestas por Sadney et al. (1981), para realizar los análisis en el autoanalizador Technicon Instruments.

2.2.5. Determinación de la transparencia del agua

La medición de la transparencia del agua, se realizó utilizando el disco de Secchi. Haciendo descender lentamente el disco hasta la profundidad que deja de ser visible desde la superficie, registrándose esta observación en metros.

2.3 Procesamiento de datos

Cálculo de sigma t

Sigma- t, es una forma abreviada para expresar la densidad de una muestra de agua de mar, referida a la presión atmosférica, determinada a partir de su salinidad y temperatura *in situ*. Si la densidad está referida a la superficie del mar, donde la presión hidrostática es nula, se indica por sigma t, que está definida por la expresión

$$\sigma_t = \sigma_{S,T,0} = 10^{-3} (\rho_{S,T,0} - 1)$$

La densidad *in situ*, se puede determinar mediante los polinomios de Knudsen (1901) y Eckman (1903). Mediante la ecuación

$$\sigma_t = \sigma_{t,0} + (\sigma_{t,0} + 0.1324) [1 - At + Bt - 0.13240]$$

$$At = 4.7867 \times 10^{-3} t - 9.8185 \times 10^{-5} t^2 + 1.0343 \times 10^{-6} t^3$$

$$Bt = 1.8030 \times 10^{-5} - 8.1640 \times 10^{-7} t^2 + 1.6670 \times 10^{-8} t^3$$

$$\sigma_0 = -0.0934 + 0.8148 \text{ S}^0_{\text{‰}} b + 5.83 \times 10^{-5} S$$

$$b^2 + 3.14 \times 10^{-7} S b^3$$

Para el cálculo de este parámetro se utilizó un programa de cómputo que se presenta en el anexo II.

Cálculo de la estabilidad

Los movimientos verticales del océano y la eficiencia de los procesos de mezcla dependen de la estabilidad de la columna de agua. La razón de cambio de la densidad con respecto a la profundidad determina la estabilidad estática de la agua o la dificultad para ser movida verticalmente. Cuando la estabilidad es alta el movimiento vertical y la mezcla en este sentido son minimizados (Pickard, 1982).

Hesselberg (1913), define la estabilidad mediante la expresión matemática siguiente:

$$E = \frac{1}{\rho} \frac{(\partial \sigma_t)}{(\partial z)} 10^{-3}$$

donde

ρ = densidad a la profundidad z (z positivo hacia el fondo).

$\partial \rho$ = cambio de la densidad del agua alrededor cuan

do

un volumen de agua es movido en una distancia

delta z.

La estabilidad de la columna de agua, se expresa en unidades de gravedad por metro, y mide la aceleración que sufre una parcela de agua cuando se desplaza desde la posición de equilibrio (Emilsson, no publicado).

El valor de la estabilidad puede presentar tres casos:

Si

$E > 0$ se presenta una condición estable

e

$E = 0$ se presenta una condición neutra

$E < 0$ se presenta una condición inestable

ble

El cálculo de este parámetro se realizó con el programa de la sigma-t, (Anexo I).

Cálculos del porcentaje de penetración de la luz

La profundidad del disco de Secchi, se transforma en porcentaje de intensidad luminosa, utilizando la ecuación que describe la atenuación de la luz en el océano, que es expresada por la ley exponencial

$$I = I_0 \exp (-k z)$$

$$k = 1.76 / D$$

donde:

I = Intensidad que llega a la profundidad

z

I_0 = Intensidad que incide en la superficie

e

del mar

exp = exponencial

k = Coeficiente vertical de atenuación de

luz

z = Profundidad de visibilidad del disco

de

Secchi.

D = Profundidad en metros

Con el propósito de utilizar las propiedades físicas y químicas como indicadores de los cambios

hidrológicos a lo largo del ciclo anual, se elaboraron las isopletras correspondientes para cada parámetro medido. Así mismo se graficaron los datos en forma de perfiles verticales.

Los cálculos estadísticos sobre la información generada se procesaron en el centro de cómputo del CICESE, utilizando el paquete de programas de aplicación estadística denominado Minitab.

Se elaboraron además los diagramas Temperatura-Salinidad para cada estación del año.

2.4. Modelo de dilución propuesto para el emisor-difusor.

El propósito fundamental en el vertimiento de aguas residuales al mar, es mezclar el efluente totalmente con volúmenes grandes de agua mar, para lograr una dilución que no altere las condiciones naturales del sitio escogido o cuando menos que sean las menores. La característica sobresaliente de la columna de agua receptora, debe ser la estratificación, de manera que mediante un diseño apropiado del emisor-difusor el efluente al mezclarse con el agua de fondo, nunca alcance la superficie, manteniendo con esto las características sanitarias y estéticas de esta capa. De forma tal que los contaminantes vertidos sean absorbidos en el cuerpo de agua.

De acuerdo a estas características, puede aplicarse el desarrollo matemático siguiente (Emilsson, no publicado):

$$\rho_s (V_a + V_d) < \rho_a V_a + \rho_d V_d$$

$$\rho_s V_a + \rho_s V_d < \rho_a V_a + \rho_d V_d$$

$$\rho_s V_d - \rho_d V_d < \rho_a V_a - \rho_s V_a$$

$$V_d (\rho_s - \rho_d) < V_a (\rho_a - \rho_s)$$

$$\frac{V_d (\rho_s - \rho_d)}{(\rho_a - \rho_s)} < V_a$$

donde ρ_a , ρ_d , ρ_s , son las densidades del agua de mar, agua residual y superficial respectivamente, V_d y V_a son los volúmenes de agua de desecho y de agua ambiente requerida para diluir el agua del effluente y evitar que alcance la superficie del mar, facilitando la dilución y absorción en el cuerpo receptor.

III.- RESULTADOS

Temperatura.

La distribución espacio temporal de este parámetro se presenta en la figura 3 . En general, se observa la presencia de un patrón de variación similar en todas las estaciones muestreadas caracterizada por un período de estratificación de la columna de agua durante primavera y verano, una época de transición en otoño y homogenización en invierno. Se aprecia que los cambios más intensos se presentan en la capa superficial de los primeros 10 metros, contrastando con la inferior donde fueron menos marcados. Es notoria que la variación térmica con respecto a la profundidad sea más intensa que la registrada en el tiempo.

En superficie, se presenta un período de calentamiento que se inicia después de llegar al mínimo en enero cuando se registró una temperatura de 14.58°C , para ir aumentando aproximadamente 0.8°C por mes hasta llegar al máximo de 21.89°C en septiembre. El rango fue de 7.31°C . El período de calentamiento tuvo una duración de 8 meses y el de enfriamiento 4 meses. (ver Anexo III).

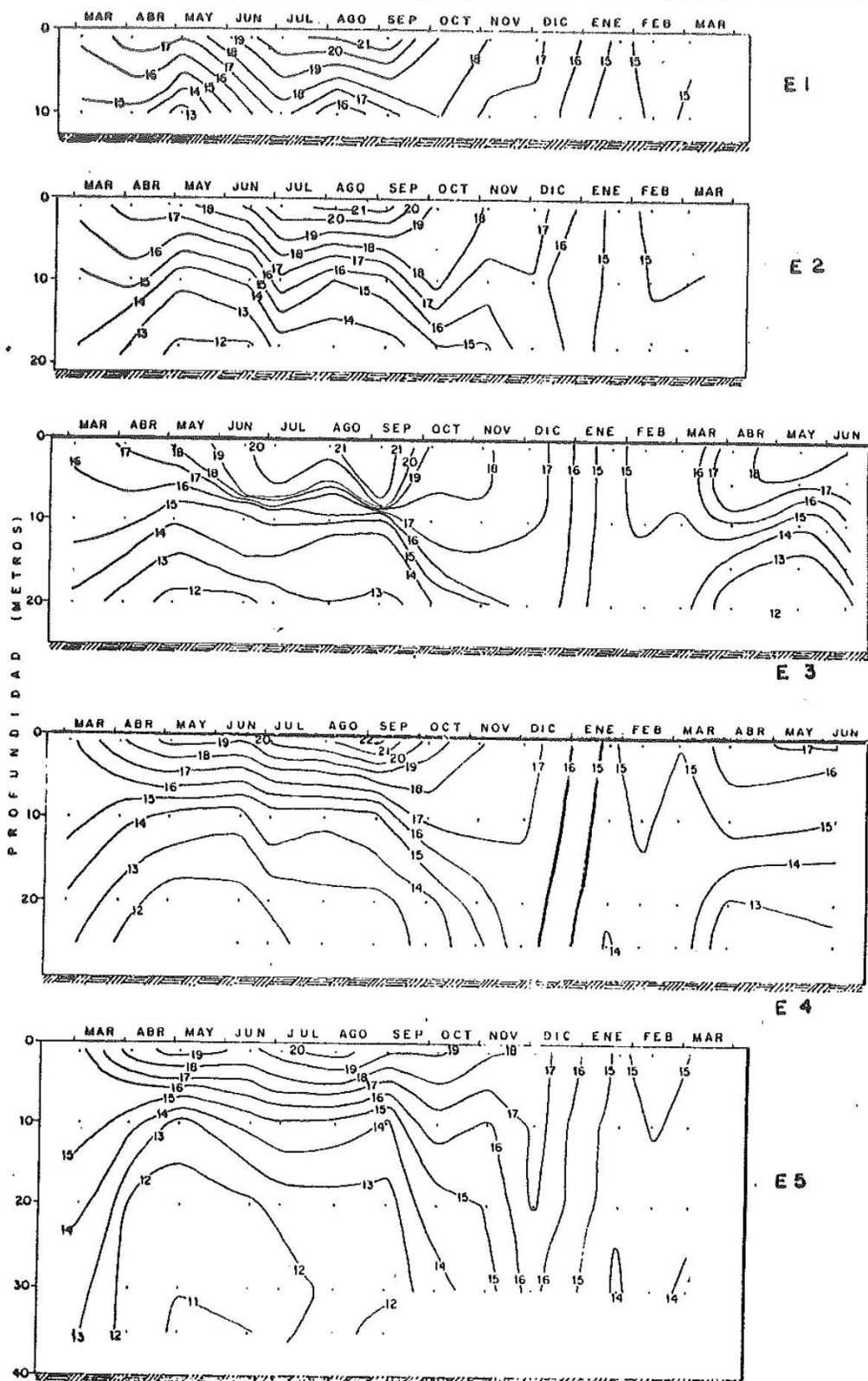


Fig. 3.- Isoplethas de temperatura

En el fondo, las temperaturas más bajas se registraron durante los meses de mayo y junio siendo respectivamente 11.59°C y 11.64°C , notándose un incremento mensual paulatino hasta llegar al máximo en diciembre cuando se midió 16.84°C . El rango anual medido fué de 5.35°C . (ver anexo III).

En la figura 4, se presentan los perfiles verticales de la temperatura con respecto a la profundidad, en esta se ve la presencia de dos regimenes diferentes de comportamiento. En superficie, se tiene calentamiento de primavera a verano con descenso gradual en otoño y hasta invierno, mientras que en el fondo el comportamiento es inverso enfriamiento en primavera y posteriormente ascenso de la temperatura en otoño e invierno.

En la columna de agua, durante la primavera y verano, se observa el inicio de la termoclina estacional (figura 3), en mayo, con un gradiente en los primeros 10 metros de 0.39°C/m , en junio fué de 0.49°C/m , en julio 0.31°C/m , en agosto 0.45°C/m , y en septiembre 0.57°C/m . (Anexo II). Como se aprecia la profundidad e intensidad de la termoclina estacional varía, siendo más débil y somera en mayo estando localizada entre 6 y 8 metros, fortaleciéndose y profundizándose en septiembre cuando se ubica entre 9 y 10 metros.

Para dar soporte estadístico a la información obtenida se realizaron análisis, como el promedio, la desviación estándar y los intervalos de confianza. La información obtenida se presenta en la tabla V.

Encontrándose que en la superficie el promedio anual fue de 13.64°C , con desviación estándar de 1.35°C , mientras que en el fondo el promedio fue de 13.66°C , con 1.49°C .

En la figura 5, se presentan los intervalos de confianza para las diferentes estaciones del año, observándose que las diferencias mas grandes entre los valores de la superficie y el fondo, se presentaron durante la primavera y el verano, reduciéndose en el otoño, hasta llegar a ser casi iguales en el invierno. Se puede observar que los registros de la superficie describen una campana con los valores mas altos en verano y los menores en invierno.

El histograma revela que durante primavera y verano se encuentran (figura 6) tres grupos, el primero asociado a temperaturas altas encontradas en superficie, uno intermedio con cambios bruscos asociado a la termoclina y un tercero asociado con temperaturas bajas presentes en el fondo.

En otoño, los cambios con respecto a la profundidad resultaron ser menores, desapareciendo cualquier vestigio de

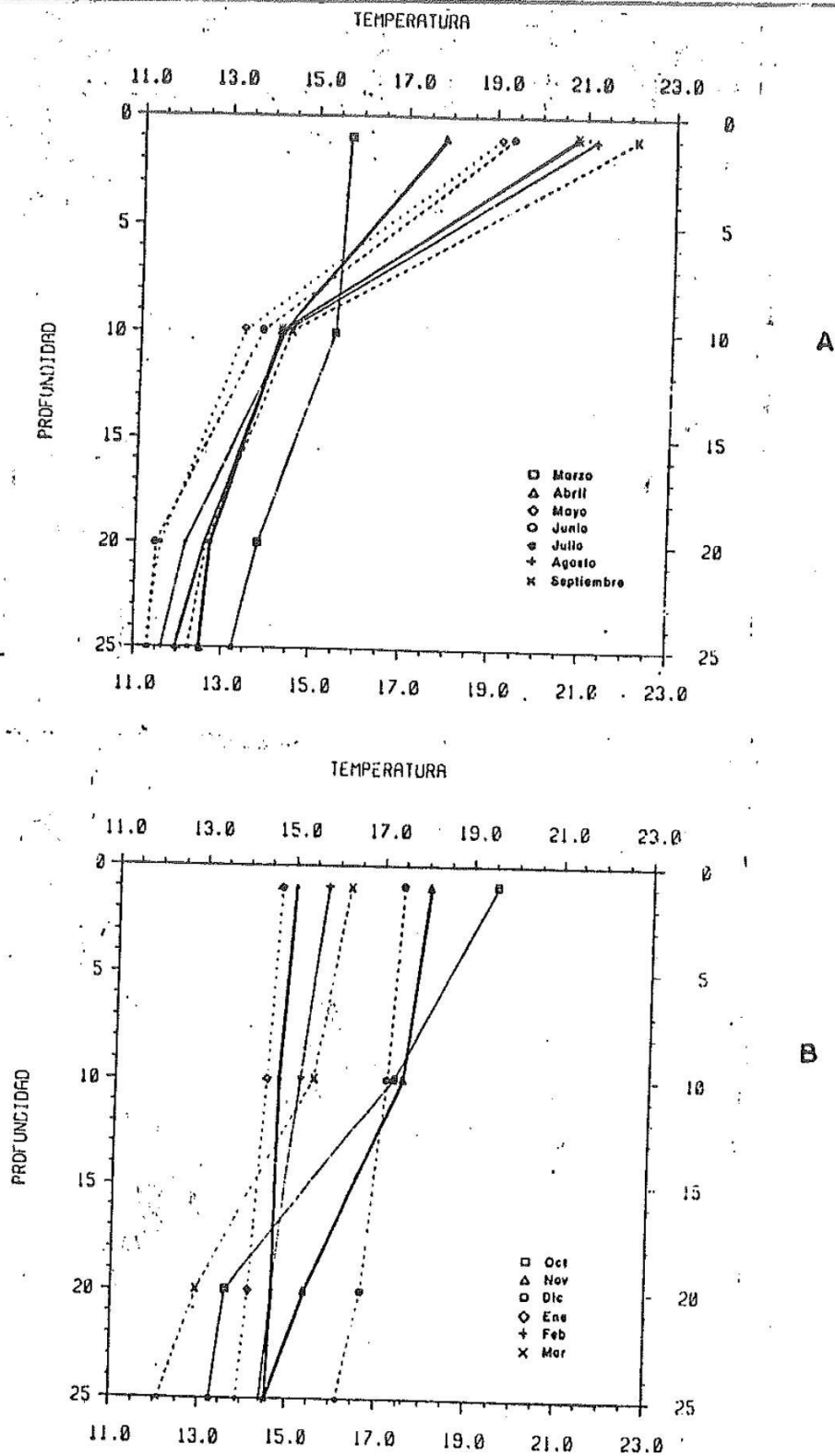


FIG. 4. Perfiles verticales de temperatura durante primavera-verano (a), y otoño-invierno (b) en la Bahía de Todos Santos,

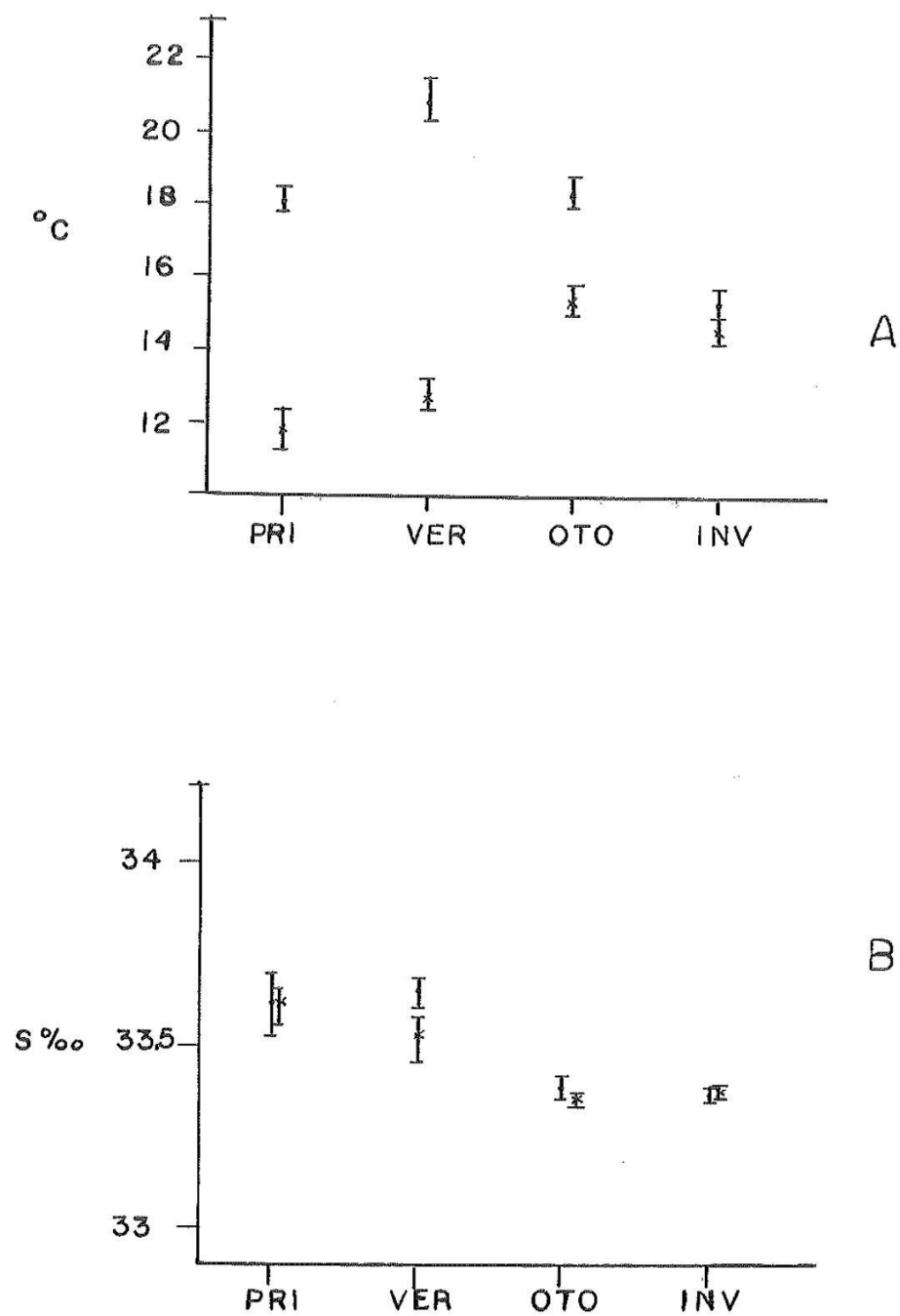


Fig. 5.- Intervalos de confianza (95%) de Temperatura y Salinidad para diferentes épocas del año

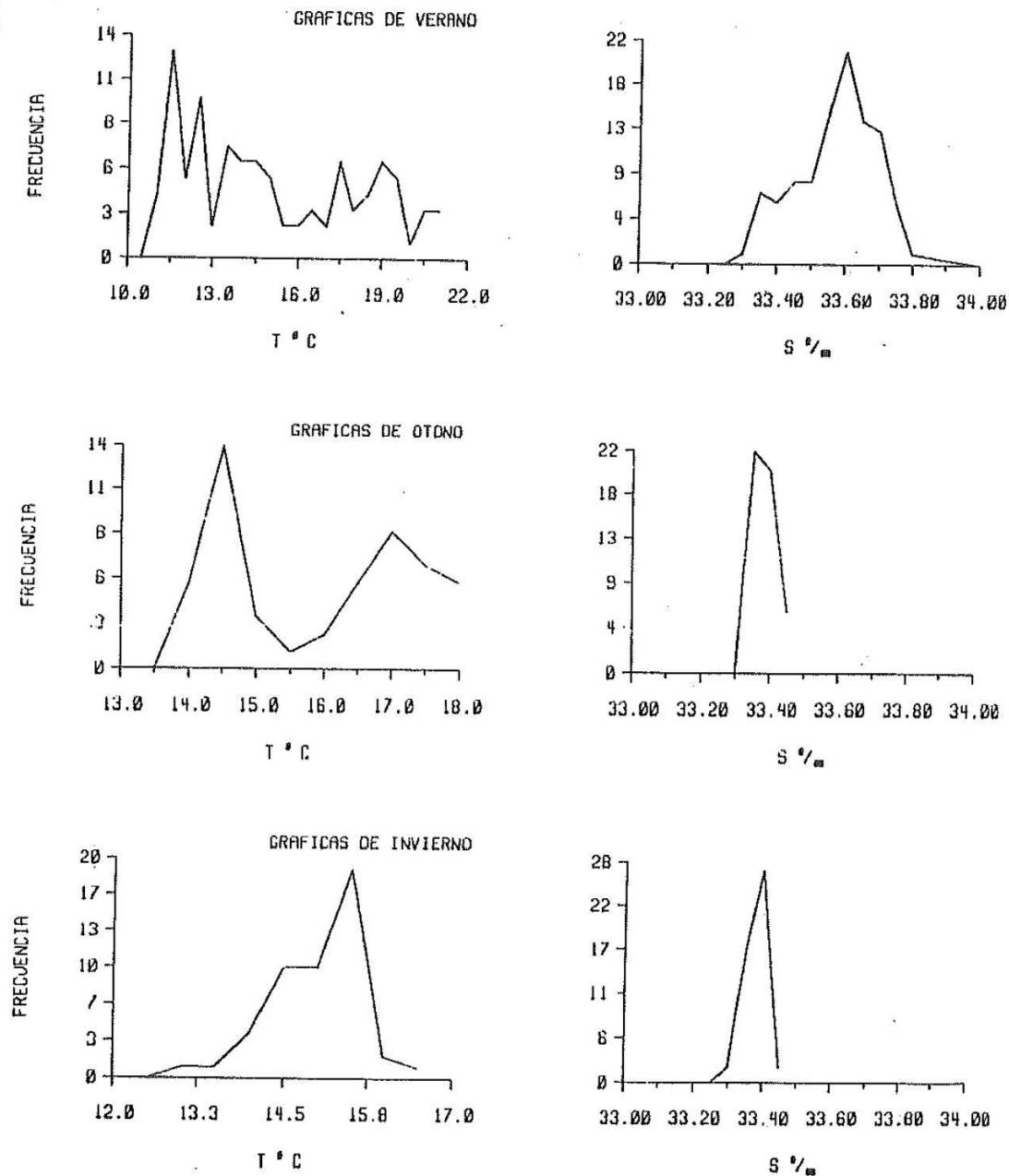


Fig. 6. Histogramas de Temperatura y Salinidad para diferentes épocas del año en la Bahía de Todos Santos, B.C.

la termoclina estacional durante noviembre, para diciembre ya es manifiesta la homogenización vertical.

El promedio observado fué de 15.39°C , con desviación estandar de 1.44°C , esta última cifra hace manifiesta la tendencia a la homogenización de valores. La figura 5, muestra la distribución bimodal con variación menor que en verano.

Para el invierno, la temperatura promedio en la 15.03°C , con desviación de 0.69°C , siendo esta última la más pequeña. Confirmando así la homogenización vertical de la columna de agua.

Salinidad

La figura 7, muestra la variación anual de salinidad en la bahía, notándose en general, que presentó poco cambio durante el período de estudio, la fluctuación fué de un máximo superficial de 33.76‰ en verano, a un mínimo invernal de 33.33‰ lo que da un rango de 0.43‰ . En

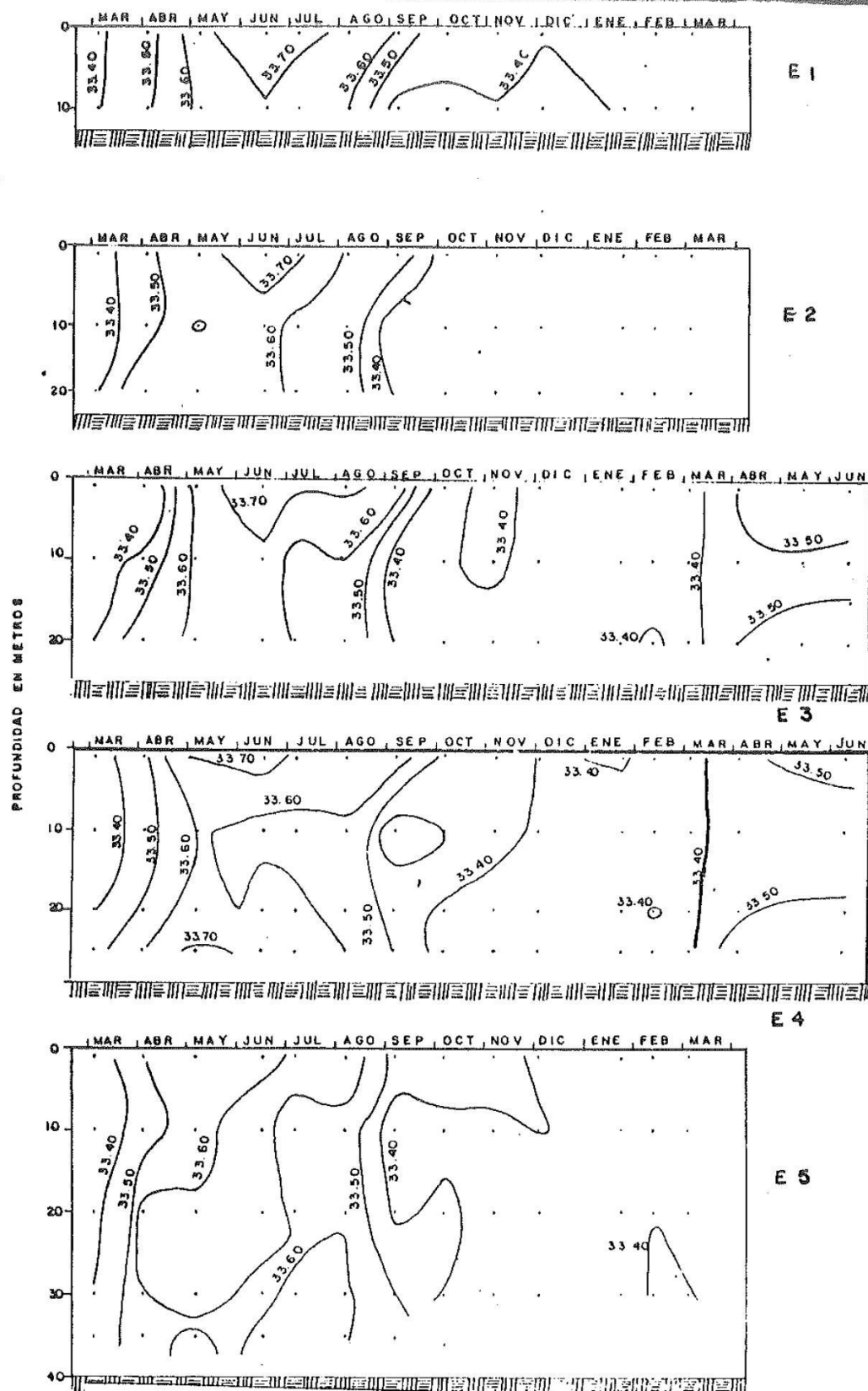


Fig. 7.- Isopletas de salinidad.

este nivel el promedio anual fué de 33.52 ‰, con desviación estándar de 0.15 ‰.

Se observa un incremento ligero de la salinidad de abril a junio, disminuyendo gradualmente hasta diciembre. En verano, se presentaron los registros máximos superficiales (33.70 ‰). En invierno, es manifiesta la homogenización vertical de la columna de agua situación que prevaleció hasta la primavera.

Llama la atención los incrementos pequeños de sal, en el fondo, presentes en las estaciones 2, 3 y 5, encontrados durante mayo y junio con valores de 33.60 ‰ y 33.62 ‰ respectivamente. En esta capa el promedio anual fué de 33.47 ‰ con desviación estándar de 0.115 ‰.

En la figura 5, se presentan las variaciones de esta variable a través del año. Se observa un incremento ligero de la salinidad de primavera a verano, en la primera los valores de superficie y fondo son similares, diferenciándose en verano. Hacia el otoño se tiene disminución marcada de la salinidad hasta llegar al mínimo de invierno, cuando las fluctuaciones de superficie y fondo, fueron iguales.

El análisis estadístico por estaciones del año, mostró que durante primavera- verano, la salinidad promedio fué de

33.57 ‰ con desviación estándar de 0.11 ‰ siendo la mayor de todo el ciclo. La figura 5 mostró tendencia hacia la centralización de valores.

En otoño el promedio fue de 33.33 ‰ con desviación estándar de 0.03 ‰. Observándose la característica de una marcada tendencia hacia un valor central.

En invierno el promedio fue de 33.33 ‰ con desviación de 0.02 ‰, manifestando la homogenización de la columna de agua.

Las variaciones estacionales de los diagramas Temperatura-Salinidad, se presentan en la figura 3. Para primavera y verano se observa la presencia de 3 capas bien diferenciadas. Una superficial caliente, una intermedia con cambios térmicos fuertes, y una de fondo con temperaturas frías. Los cambios de salinidad no fueron muy marcados. En otoño, se observa agrupación de los datos alrededor de un tipo de agua, notándose menor dispersión de registros.

Para invierno, se aprecia claramente la centralización de los datos alrededor de un pequeño grupo de valores, indicando así la presencia de una masa de agua con características de temperatura y salinidad bien definidas presente en el interior de la bahía.

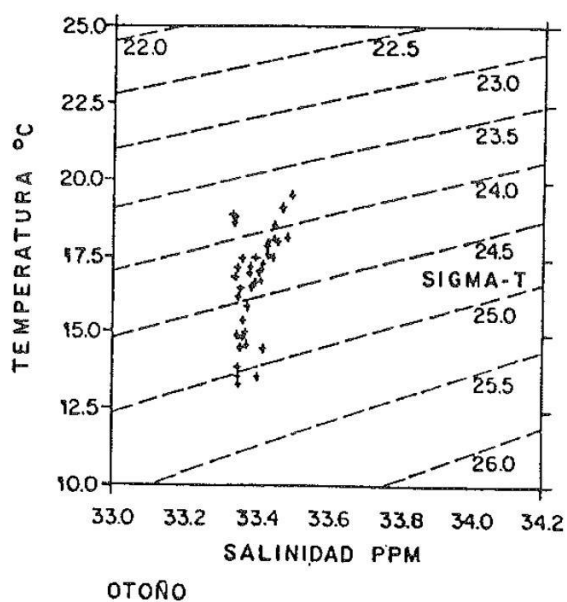
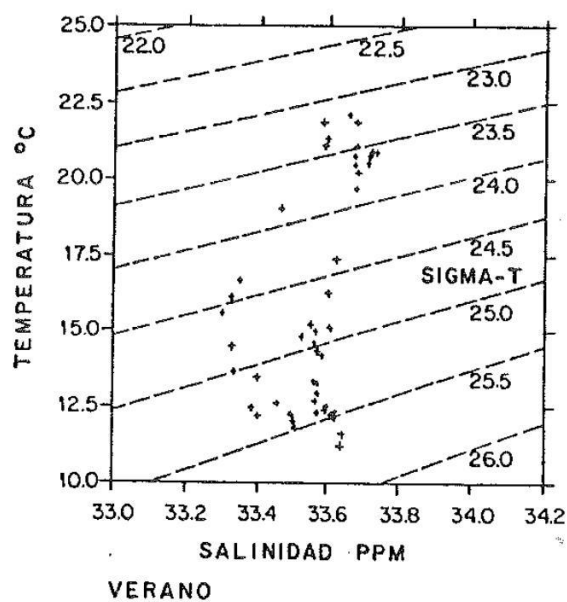
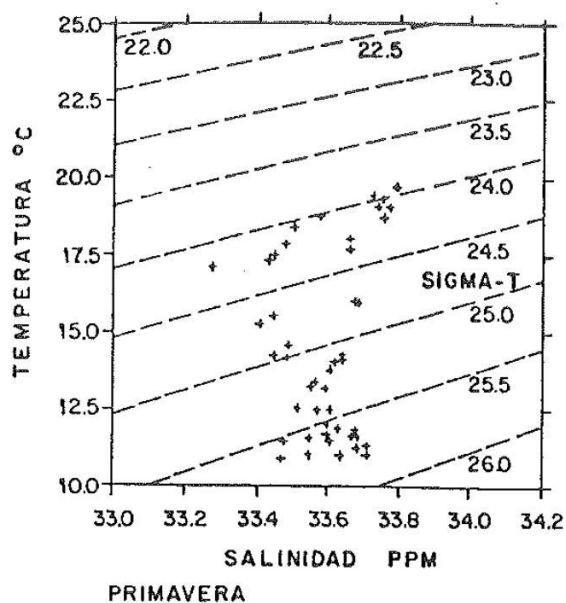
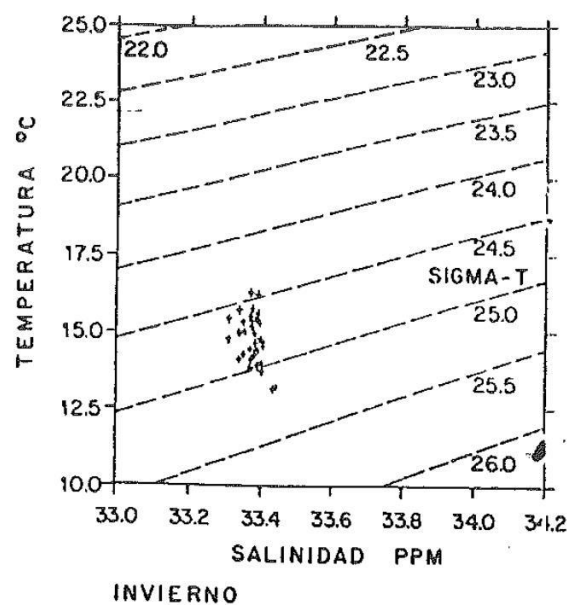


Fig. 8. Diagramas T-S para diferentes épocas del año obtenidas en la Bahía de Todos Santos, B.C.

Densidad

En la figura 9, se presenta la variación anual de σ_t . Se observa, en general, que la distribución espacio temporal de las isopiecnas y las isotermas presentaron un comportamiento similar. Es decir, estratificación de primavera verano y uniformidad en invierno. Se notó además que las variaciones más intensas se detectaron en la capa de los 10 primeros metros, amortiguándose después de llegar a 12 metros, donde se comenzó a registrar una menor variabilidad de registros.

En la figura 10, se puede notar que los valores de σ_t en superficie siguieron un patrón inverso a la temperatura, es decir de julio a septiembre se registraron los valores mas pequeños y en invierno los mayores. El valor máximo se determinó en enero (25.07) y el mínimo en septiembre (23.50). El rango de variación fue de 1.57. (figura 9)

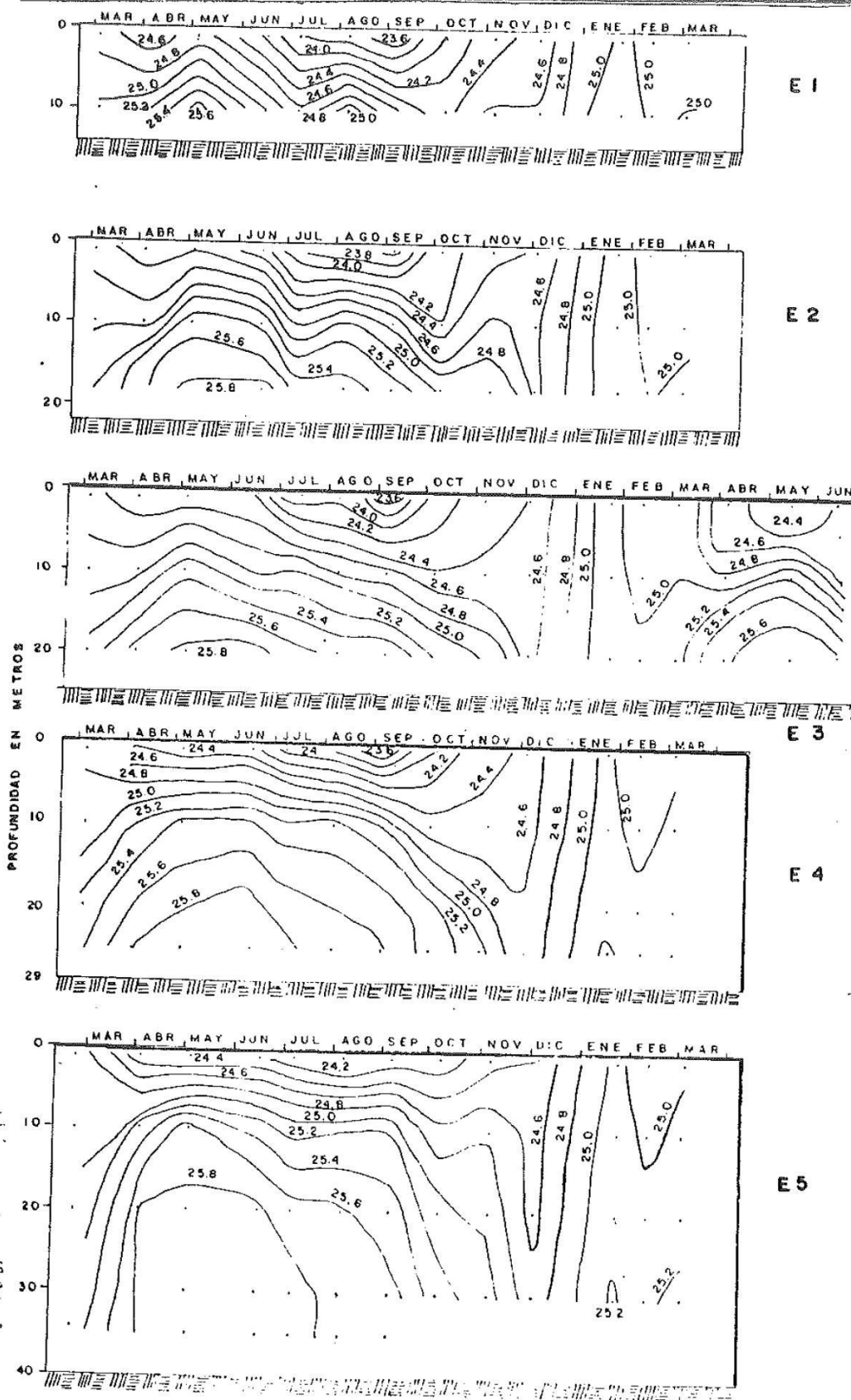
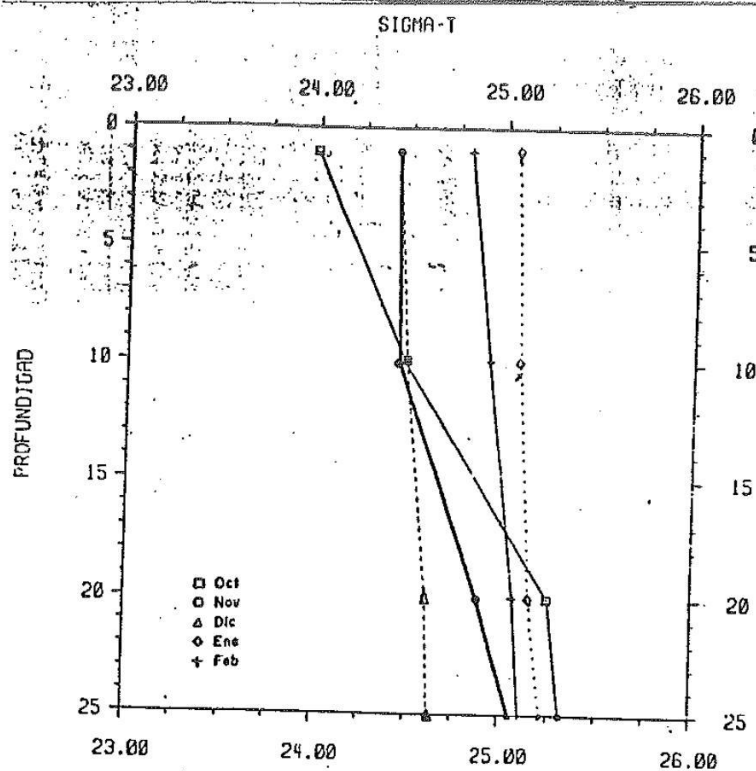
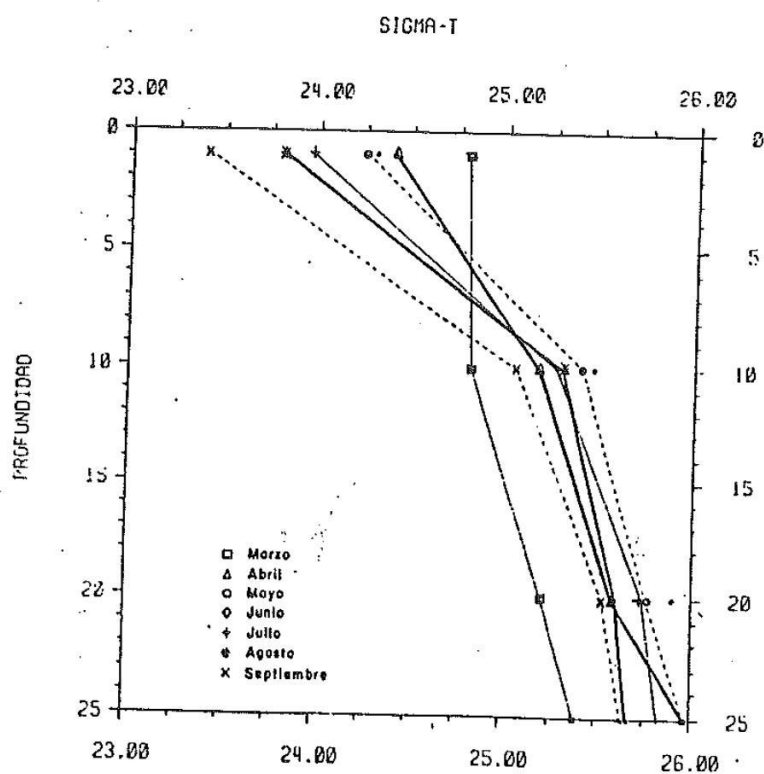


Fig. 9.- Isopletas de sigma-t



A



B

Fig. 10.-Perfiles anuales de sigma-t
en la estación 4

El promedio fué de 24.26 con desviación estándar de 0.42.

En el fondo, se registró un patrón diferente los valores aumentaron en mayo y junio, coincidiendo con el enfriamiento del agua en este nivel de hecho el valor máximo se presentó en junio (25.90), para disminuir gradualmente hasta el mínimo de diciembre (24.53). El rango de variación fué de 1.46, como pudo notarse los cambios fueron un poco menores en esta capa que en la superficie. (Anexo III).

El promedio anual fué de 25.13 con desviación estándar de 0.38.

Los cambios observados hacen manifiesta la presencia de dos regimenes de comportamiento diferentes, uno en la superficie y otro en el fondo.

Al notarse la similitud marcada entre las isolíneas de temperatura y densidad, se decidió realizar un análisis de correlación entre ambas variables, empleando todos los registros obtenidos a lo largo del ciclo anual, obteniendo un valor muy alto de correlación siendo de -0.90 ($\alpha = 95$).

Para conocer los valores de la estratificación por densidad sugeridos para la instalación de un emisora

submarino, se compararon los valores obtenidos en este trabajo con los medidos en la localidad de Punta Loma, California, E.U.A. donde actualmente existe un emisor submarino funcionando. Los resultados se presentan en la tabla V. Como se nota las diferencias obtenidas para profundidades similares resultaron mayores en la Bahía de Todos Santos, que en Punta Loma, especialmente durante los meses de verano, siendo similares en el invierno. Esto constituye un factor favorable para la instalación de un emisor submarino.

Oxígeno Disuelto.

La distribución del oxígeno disuelto a través del ciclo anual en las localidades diferentes se muestra en las figura 11, en primera instancia se aprecia la semejanza con las variaciones manifestadas por la temperatura y la densidad, un período de estratificación marcado en primavera verano y uniformidad vertical durante otoño e invierno. Este comportamiento es igual en todas las estaciones de muestreo. A diferencia de los parámetros anteriores, la capa

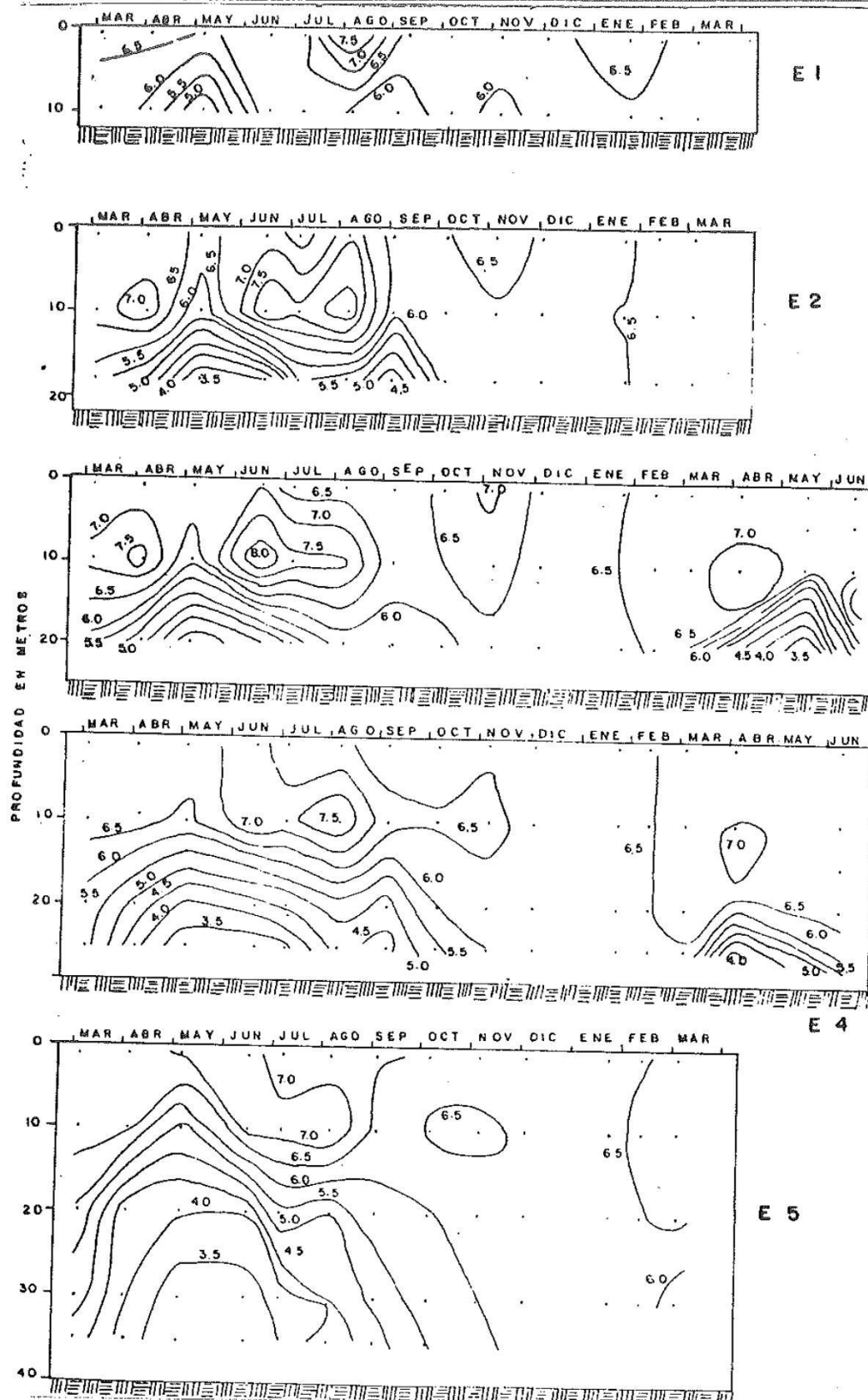


Fig. 11.-Isoplethas de Oxígeno disuelto

superficial comprendida entre 1 y 10 metros presentó en general, cambios menos bruscos, detectándose variaciones hacia el fondo.

En el nivel de 5 metros se registraron bastante homogéneos, con algunos incrementos pequeños, con un promedio anual de 6.60 ml/l, con desviación estándar de 0.31 ml/l.

A los 10 metros los cambios fueron mas intensos, encontrándose los valores más altos de todo el período de estudio, siendo de 8.46 ml/l en el mes de junio, presentando valores elevados en abril de 1986 y en 1987 también. El promedio anual fué de 6.93 ml/l con desviación de 0.63 ml/l señalando con esto cambios de concentración mas marcados.

En el nivel de 20 metros el promedio anual fué de 5.46 ml/l siendo el menor de todos los niveles analizados, además presentó la desviación estándar mas alta siendo de 1.06 ml/l. Esta variación se puede atribuir a la presencia de masas de agua en el fondo con un contenido de oxígeno disuelto muy bajo durante los meses de mayo y junio, cuando las concentraciones fueron respectivamente de 3.16 ml/l y 3.83 ml/l, correspondiendo a los registros más pequeños de todo el ciclo y de todos los niveles. Posteriormente se presentó un incremento gradual en este nivel disminuyendo nuevamente en septiembre hasta llegar durante diciembre a valores similares

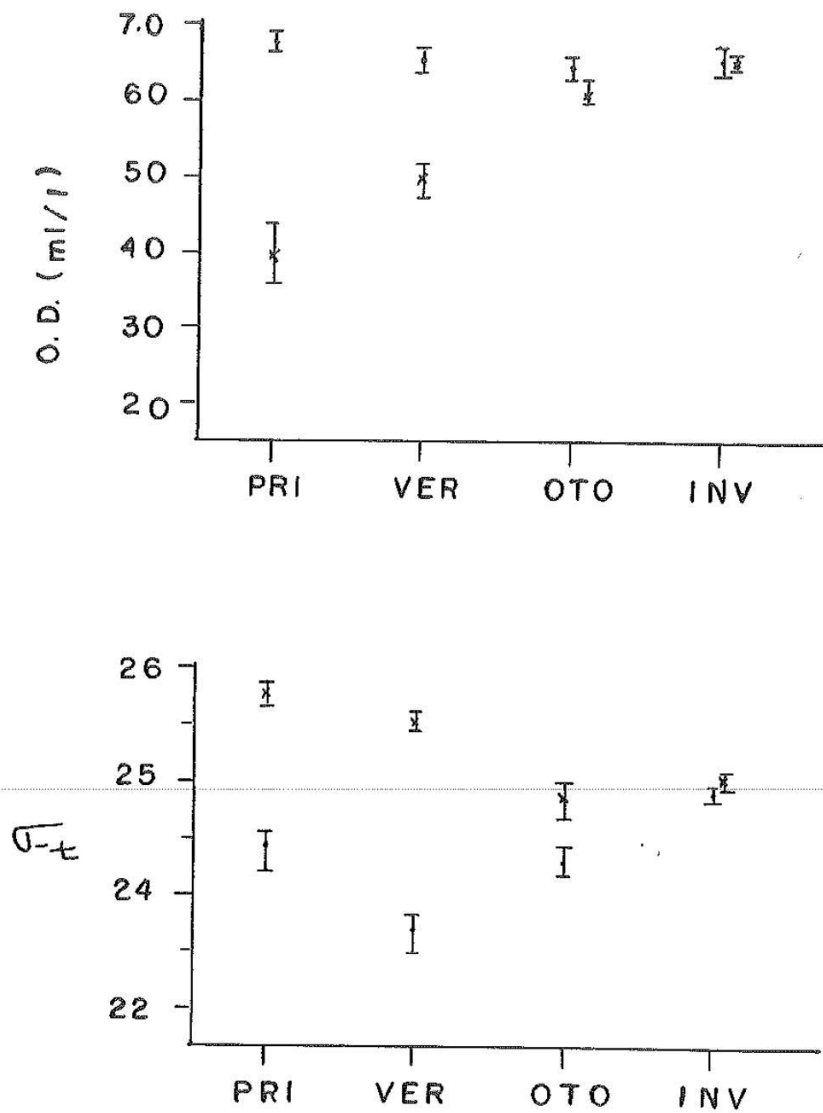


Fig. 12.-Intervalos de confianza (95%) de oxígeno disuelto y sigma-t

o iguales a la superficie.

En la figura 12, se presentan los intervalos de confianza para los datos de oxígeno durante el ciclo anual, observándose que se presentaron diferencias muy marcadas durante primavera y verano, con algunas pequeñas variaciones en otoño, siendo iguales en el invierno.

Se calcularon además los valores del porcentaje de saturación de oxígeno para la superficie y el fondo, la información obtenida se presenta en la figura 13.

En superficie todos los valores excedieron la sobresaturación llegando los valores de junio y noviembre a niveles de 130 %. En el fondo las variaciones fueron mucho mayores, con un rango de 50 % durante el mes de mayo, hasta el máximo de diciembre 110 %. Los meses de primavera verano tuvieron valores de saturación menores que los de invierno.

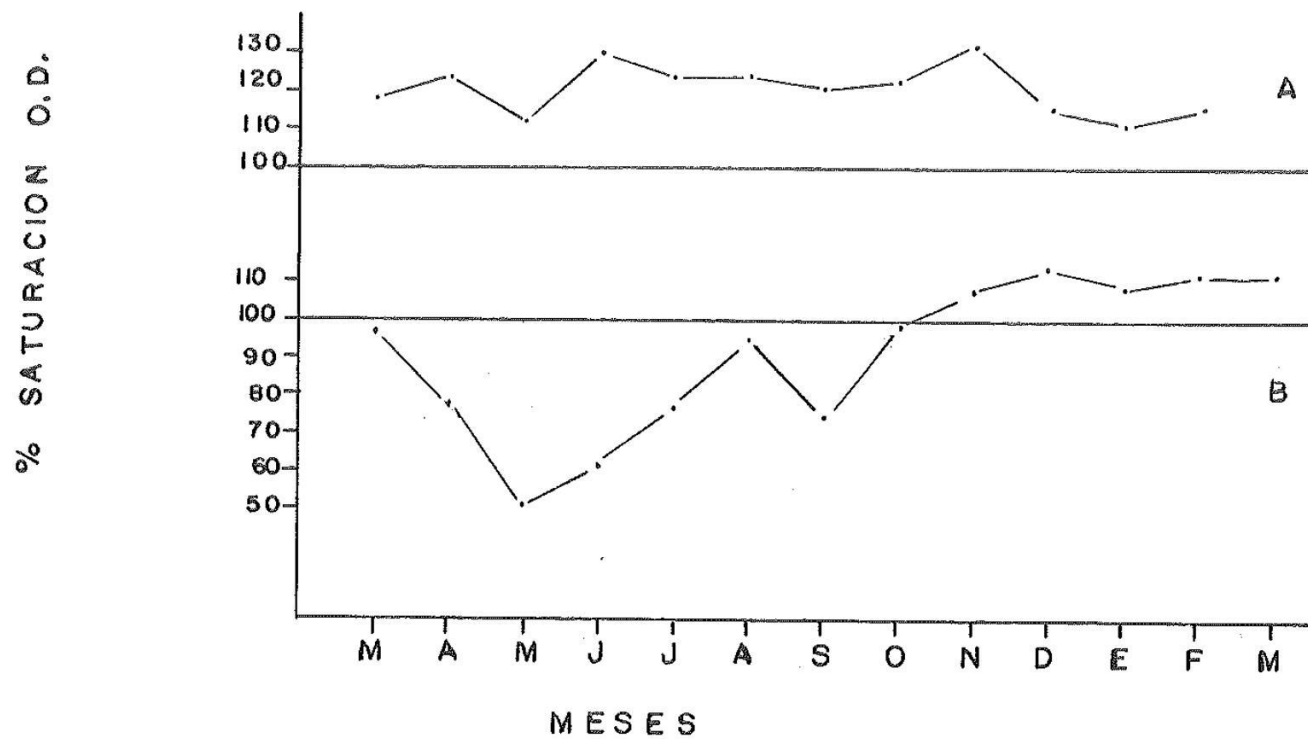


Fig. 13.-Porcentaje de saturación de Oxígeno disuelto en superficie y fondo

Porcentaje de penetración de la luz.

Para presentar la variación anual de la transparencia del agua en la columna se seleccionó la estación de muestreo 3 (fig. 14)

En ésta se puede ver la fluctuación marcada de los diferentes porcentajes a lo largo del tiempo, siendo relevante que el 75 % de la luz incidente se absorbió en los primeros 10 metros, durante casi todo el año con excepción del mes de diciembre cuando llegó a su nivel máximo siendo de 14 metros. Los meses con atenuación mayor fueron los de primavera verano y los menores los de invierno.

Se destaca el hecho que la concordancia con las variaciones de los porcentajes de penetración de la luz en la superficie y la profundidad de la zona eufótica, correspondiente al porcentaje del 1 %.

En la tabla VII se muestran las profundidades del disco de Secchi, y las variaciones del coeficiente de extinción correspondiente, notándose que los meses de mayor atenuación fueron los de mayo, con 4.5 metros y septiembre con 3.0 metros, en contraste julio y diciembre resultaron con los valores mayores siendo de 11.0

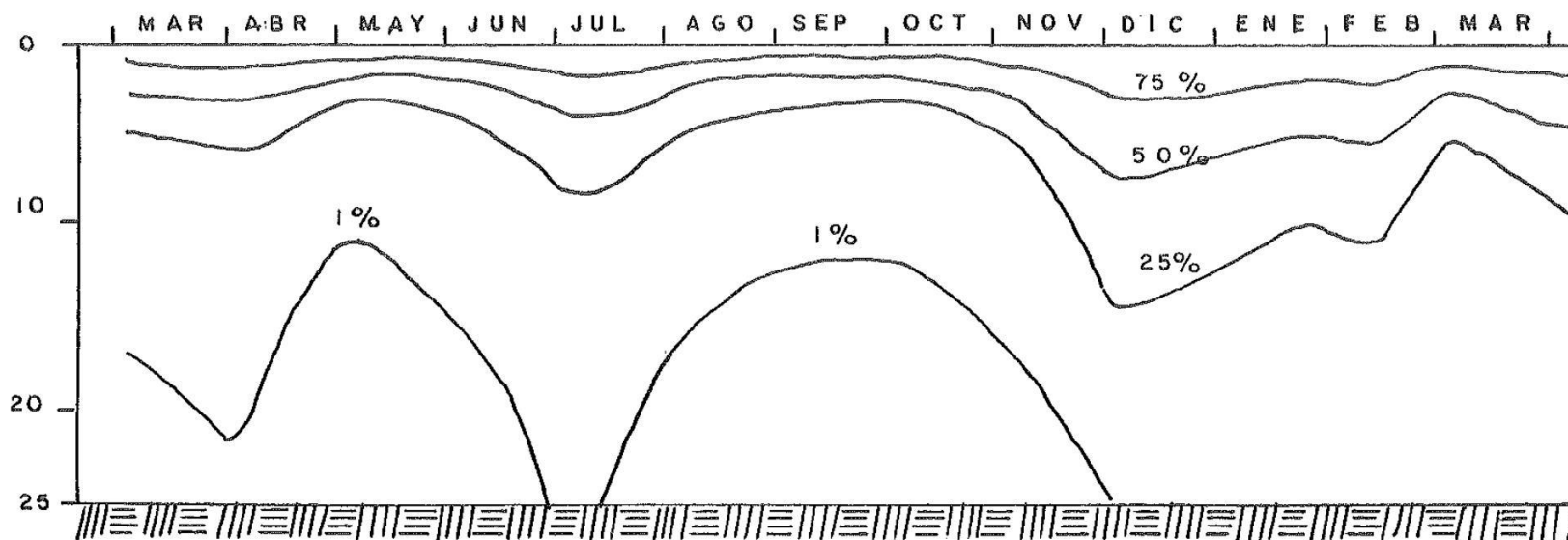


Fig. 14.-Variación del porcentaje de penetración de la luz en la columna de agua

Estabilidad

En la figura 12, se presenta la distribución de este parámetro, debido a su gran variación anual, y considerando que se calcula en intervalos de profundidad, además que se busca la zona de máxima estabilidad, que se asocia con la termoclina, se describirán los cambios observados en la capa superficial (1 a 10 metros). Notándose que presentó una variación muy elevada con respecto a los meses del año, describiendo distribución en forma de campana, con los valores más altos en el verano, llegando al máximo en septiembre ($12832 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$), disminuyendo marcadamente en otoño hasta llegar al mínimo en invierno ($365 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$).

Nutrientes.

En la figura 16, se presentan las variaciones de los nutrientes analizados a través del período de estudio.

La distribución de los fosfatos mostró fluctuaciones marcadas durante el año, notándose que con excepción del mes de junio, cuando se encontraron concentraciones altas de éstos en la capa de 0 a 10 metros, el resto del tiempo mostró valores no detectables. En general, aumentaron hacia el

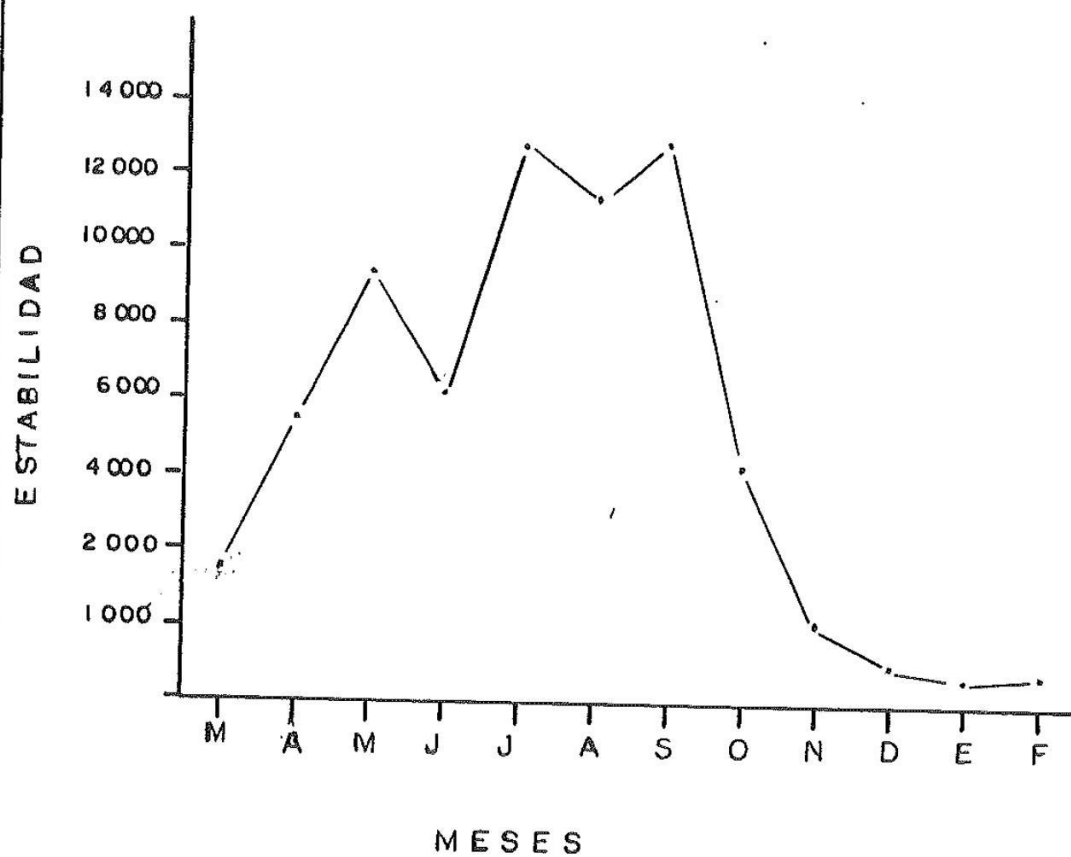


Fig. 15.-Variación anual de la estabilidad de la columna de agua

fondo. En este nivel no se apreciaron cambios drásticos en los niveles medidos. De agosto a septiembre se observaron incrementos en las concentraciones del fondo.

La distribución de los nitratos se presenta en la figura 16, durante el período estudiado nunca se detectaron valores mayores a 10 micromolar. En superficie solo durante el mes de abril se detectaron valores de 10 micromolar, el resto del año, no se registraron concentraciones diferentes de 0.00.

En el fondo, se encontraron valores de 10.0 micromolar durante mayo y septiembre, el resto del tiempo no se detectaron valores diferentes de 0.00

La distribución de los nitritos se muestra en la figura 16. En la capa superficial de 0 a 10 metros no se detectaron concentraciones diferentes de a 0.00 micromolar. En todos los meses se notó aumento de los niveles de éstos hacia el fondo. En mayo y septiembre se notaron concentraciones elevadas en el fondo, siendo de 0.75 y 1.25 micromolar respectivamente.

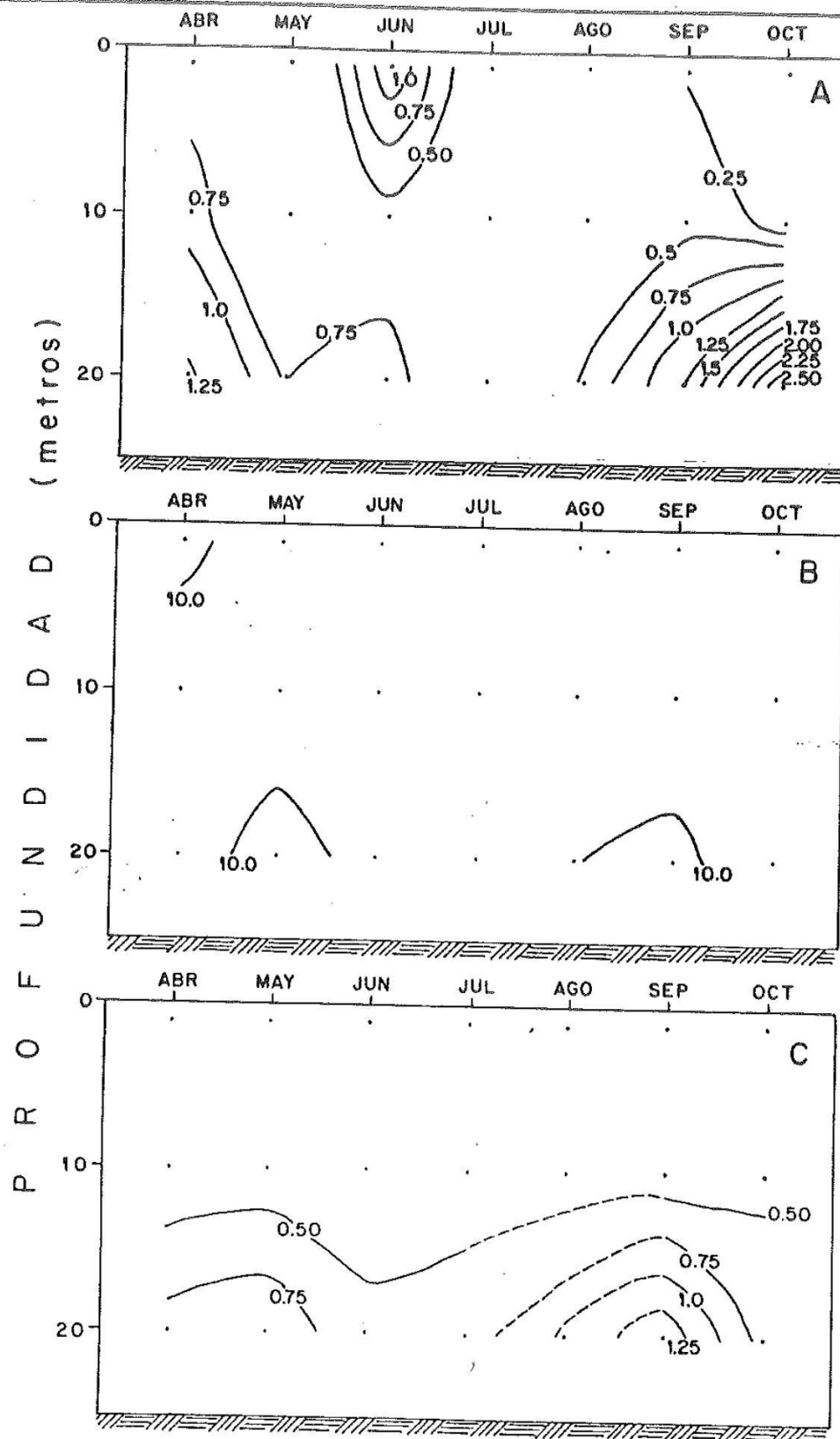


FIG. 16 .- DISTRIBUCION DE NUTRIENTES, FOSFATOS (A),
NITRATOS (B) Y NITRITOS (C) EN LA ESTACION 3 DEL
TRANSECTO EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS B.C.

Resultados obtenidos con el modelo de dilución.

Los resultados obtenidos al sustituir los valores correspondientes en el modelo sugerido, se presentan en la tabla VIII. En esta se observa que el valor mínimo se encontró en el mes de septiembre, cuando se tiene la estratificación mas grande, necesitándose 4099 litros por segundo para la dilución adecuada, a diferencia de esta condición cuando la columna es homogéna, como en el mes de enero, el máximo es de 144739 litros/segundo cantidad que es suficiente para lograr la estabilidad de la mezcla en un nivel subsuperficial evitando que la mezcla alcance la superficie del mar.

IV.- Discusiones

Los resultados obtenidos señalan que en el transecto estudiado se presentan dos períodos bien diferenciados en sus características hidrológicas. Una época de homogenización de valores en la columna de agua presente en invierno, y otra de estratificación durante la primavera y el verano.

Las condiciones invernales se observan en los histogramas de frecuencias y en las gráficas correspondientes, caracterizándose por condiciones casi homogéneas con estabilidad baja aproximadamente $1000 \text{ m}^{-2} \times 10^{-3}$ y dispersión reducida de los datos, revelando una mezcla vertical intensa que llega hasta el fondo (40 metros). El contenido de oxígeno disuelto es relativamente alto (6.3 ml/l) y la salinidad es baja (33.38 ‰), las temperaturas superficiales son las más bajas del año, y en consecuencia los valores de sigma-t son los mayores. Los histogramas y los intervalos de confianza, muestran distribución unimodal evidenciando de esta forma la uniformidad vertical. Los perfiles verticales de temperatura son los más pequeños de todo el ciclo, presentando gradientes menores a 1°C de la superficie hasta el fondo, coincidiendo con las observaciones reportadas por La Fond, (1966) μ Cairns, (1968) μ y Arthur, (1960) μ para la zona del sur de California. Estas características nos conducen a pensar que

posiblemente los fenómenos presentes en el interior de la bahía, son correspondientes a los de una escala mayor.

Durante la primavera y el verano, la temperatura muestra gran dispersión de datos que pone en evidencia los efectos de calentamiento estacional en la superficie y enfriamiento por afloramiento de aguas de fondo en profundidad. Las diferencias de temperatura entre estos niveles genera la compactación de las isotermas en la columna de agua con la presencia de una termoclina estacional entre ambas. Los cambios de salinidad al no ser tan grandes como los térmicos, y debido a que los cambios salinos no son tan determinantes para lograr cambios en la densidad (Pond y Pickard, 1982), no parecen tener influencia sobre esta distribución.

En la primavera cuando las aguas superficiales reciben más calor por efecto del aumento de radiación solar la temperatura se incrementa aproximadamente 1°C por mes, alcanzando el máximo hasta finales de verano (Jacobs, 1951). Se aprecia la formación de una capa de agua tibia que permanece en la superficie, iniciándose así la formación de una termoclina estacional que incrementa la estabilidad de la columna de agua y por consiguiente reduce el transporte vertical de propiedades a través de la pycnoclina. Se inicia así un proceso de retroalimentación positivo, pues al ser forzada el agua a permanecer en la superficie, por su menor

densidad, recibirá más calor, lo que a su vez aumentará su estabilidad para que continúe en la superficie. Cabrera M (1971) y Morales Z (1977), obtuvieron resultados similares en cruceros realizados en la Bahía de Todos Santos, para diferentes épocas del año.

En el verano, las diferencias de superficie al fondo, fueron de aproximadamente 7°C , en contraste con el invierno cuando hubo una variación de 1°C , esta distribución térmica fue observada por Arthur, (1960) en el área adyacente a la ciudad de San Diego California.

Los valores de la estabilidad de la columna de agua encontrados durante el verano, impiden la mezcla vertical, asociándose además con el aumento de intensidad de radiación solar y la presencia de vientos débiles, provocado el máximo de intensificación de la termoclina, característica que ha sido encontrada para la zona del Sur de California (National Oceanic Atmosphere Administration, 1981).

La presencia de la estratificación, aunque es un fenómeno de tipo estacional, es un recurso que podría ser utilizado para facilitar la absorción de contaminantes orgánicos descargados a través de un emisor-difusor submarino en la Bahía de Todos Santos, B.C. puesto que un contaminante descargado por debajo de la termoclina cuya flotabilidad no

sea la suficiente para atravesarla quedaría atrapado por debajo de la superficie siendo dispersado de acuerdo al patrón de circulación de las aguas de la bahía. Argote et al., han propuesto a partir de la distribución de propiedades hidrológicas, las trayectorias posibles de circulación en la bahía sugiriendo que el movimiento de las aguas se encuentra fuertemente influenciado por el viento y por la topografía del fondo. En general, las corrientes presentan variaciones mensuales a lo largo del año, sin embargo no existen cuantificaciones objetivas sobre su comportamiento. Con este propósito, y como parte fundamental de este estudio, éstas se encuentran siendo determinadas por Mancilla y Robles (en preparación).

En el fondo, las isopícnas e isotermas aumentan su pendiente por la intrusión, por efecto de la surgencia, con agua fría de aproximadamente 11°C de relativamente alta salinidad, (33.60 ‰) bajo contenido de oxígeno disuelto (3 a 4 ml/l), densidad alta (26.03) , y relativamente enriquecida en nutrientes (0.25 micromolar de fosfatos, 10 micromolar de nitratos). El evento de surgencia alcanzó su máximo desarrollo en mayo lo que corresponde al máximo esfuerzo del viento en las costas de Baja California (Reid, Roden y Wyllie, 1958)µ (Bakun y Nelson, 1977), y a medida que el evento propaga hacia el Norte (Bureau of Land Management, 1980) en la bahía produce un hundimiento

progresivo de las isotermas e isopícnas.

Durante el verano ocurren en la columna de agua tres capas bien definidas, similar a la zona Sur de California (Winant y Bratkovich, 1981). Una capa superficial homogénea de 6 a 8 metros de espesor con temperatura alta, relativamente alta salinidad y concentración alta de oxígeno disuelto. La profundidad de esta capa refleja la efectividad de la mezcla vertical producida por el viento y el oleaje ayudando a mantener esta capa isotérmica en la profundidad de la acción efectiva del oleaje. Durante el verano prevalece el oleaje local, que es de pequeña amplitud, restringiendo la mezcla a profundidades menores. La tendencia resultante hacia una capa de mezcla mas somera está reforzada por el calentamiento intenso de la superficie.

Una capa profunda homogénea de baja temperatura (11 a 12 ° C), con salinidad alta (33.6‰), bajo contenido de oxígeno disuelto (3 a 4 ml/l), con concentración incipiente de nutrientes, que se mantiene prácticamente aislada de la superficie por la alta estabilidad de la capa intermedia (10000 a 12000 $m^{-1} \times 10^{-3}$). La concentración de oxígeno disuelto baja podría representar un problema para la oxidación de la materia orgánica vertida por el emisor debido a que podría abatirse rápidamente, sin embargo, necesitaría determinarse la razón de reemplazo por las corrientes y

valorar los procesos de difusión turbulenta a fin de poder determinar si existe oxígeno disuelto suficiente para cumplir con los requerimientos oxidativos de los contaminantes orgánicos vertidos.

Los niveles encontrados en este período, aunque son bajos, resultan suficientes para mantener la continuidad de la vida marina. El efecto de un contaminante introducido localmente en la disminución de las concentraciones de oxígeno disuelto, no puede evaluarse en forma correcta sin el conocimiento previo del régimen natural del oxígeno y las trayectorias de circulación. (Barnes y Collias, 1958).

Cuando se descargan desechos con alta concentración de DBO, el oxígeno en el cuerpo receptor es consumido en una razón específica, y no será reemplazado durante un lapso de tiempo finito. Si la mezcla resultante permanece en la superficie, la razón de renovación depende, en su mayor parte, de la capa superficial (area y espesor), pero si la mezcla es más densa y se hunde la razón depende de un número de variables adicionales. La mezcla a una profundidad específica, que depende de su densidad, está en contacto con las masas de agua en 6 lados y la mezcla en todos los puntos de contacto es posible. Sin embargo, la razón de mezcla y difusión, depende de las diferencias de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto, así como de la taza y

dirección del movimiento de la mezcla en relación con el agua de los alrededores. La razón de difusión del oxígeno disuelto a una masa de agua que no lo tiene, es altamente variable, decrece con el tiempo, depende de las diferencias del oxígeno disuelto y es un fenómeno local. Si al cuerpo receptor se le deja regenerar, el problema no será serio, más para una descarga continua con alta DEO, la situación puede tener proporciones masivas.

Por lo tanto, se tiene que ser cauteloso para considerar esta capa profunda como asimiladora de contaminantes demandantes de oxígeno puesto que podrían generarse zonas anóxicas ya que una de las posibles fuentes de renovación por medio advectivo podría ser el agua de la surgencia que se caracteriza por su contenido bajo de oxígeno, lo cual no contribuiría en ayudar a mantener los requerimientos de oxígeno para la oxidación de la materia orgánica.

Por otra parte la parte central de la Bahía parece ser una trampa natural de material orgánico (Galindo Bect et al., 1983), pudiendo considerarse también un factor adverso para la introducción de un sistema de este tipo.

La magnitud del efecto depende de las tasas relativas de consumo, renovación, y movimiento del agua. Si se quiere

hacer una predicción del tamaño del daño ocasionado sobre el ecosistema por una descarga de este tipo, las variables anteriormente mencionadas deben ser completamente entendidas y evaluadas antes de permitir su descarga incontrolada (Brockris, 1980). Hasta este punto del trabajo no se puede ser conclusivo sobre estos aspectos, debiéndose esperar la información que será generada por la parte que estudia la parte dinámica del proyecto.

Una capa intermedia con gradiente vertical de temperatura pronunciado (termoclina estacional), con una estabilidad alta $12000 \text{ m}^{-1} \times 10^{-3}$, que reduce el transporte vertical, con alto contenido de oxígeno disuelto (máximo subsuperficial), y salinidad relativamente baja (mínimo subsuperficial) cuyas características hidrológicas, ocasionarían que un contaminante vertido en la superficie quedaría confinado en esta capa.

Durante la primavera y el verano destaca la ocurrencia de valores máximos subsuperficiales de oxígeno disuelto que pueden asociarse a la actividad fotosintética del fitoplancton, que mostró un incremento en la cantidad de organismos en el mes de junio (Millán, 1987). Generalmente, las razones máximas de fotosíntesis se efectúan por debajo de la superficie, debido a que las intensidades de luz son mayores a las óptimas (Ryther, 1956). Para este mes el

porcentaje de penetración estuvo restringido a una capa muy delgada (6 a 8 metros de espesor), la temperatura se encontraba en ascenso, los niveles de nutrientes se incrementaron debido a procesos advectivos o presencia de ondas internas además la estabilidad de la columna también alcanzó valores altos. Todos estos factores, se presentaron al mismo tiempo favoreciendo el florecimiento de los organismos del fitoplancton. La producción de oxígeno in situ, por medio de la fotosíntesis, va acompañada del consumo de nutrientes tal y como lo reflejan los valores de la capa superficial. La estabilidad alta de la columna de agua, como la observada en esta época del año, facilita la generación de zonas con máximos subsuperficiales que generalmente se encuentran por arriba de los 50 metros de profundidad, asociándose directamente con el máximo de actividad fotosintética (Richards, 1957). La presencia de éstos valores máximos se debe a la interacción de varios factores, luz, nutrientes, y estratificación de la columna de agua. Al presentarse gradientes estables de temperatura, éstos actúan como barreras a la mezcla vertical debido a que no hay mezcla en las capas de densidad diferente. Esta situación aísla la capa superficial, y por lo mismo los organismos se agrupan para producir estas concentraciones elevadas de oxígeno disuelto como producto de su metabolismo.

Las variaciones estacionales del oxígeno disuelto en la

capa superficial no responden al cambio estacional de temperatura, pues debiera esperarse que en los meses fríos, el agua tuviera más oxígeno disuelto que en los meses calientes. Esta situación pudiera ser enmascarada por diversos factores como la producción por fitoplancton, la agitación de la capa superficial generada por el viento y el oleaje. Estos últimos factores contribuyeron a mantener condiciones de sobresaturación en esta capa.

La gráfica correspondiente a los perfiles verticales de temperatura, muestra que después de octubre, y a medida que pasa el otoño aumenta el enfriamiento superficial, se reduce la estratificación, disminuye la estabilidad, la termoclina se hace más profunda y se debilita, se produce un retardamiento en la propagación de la onda térmica desde la superficie así que, mientras que el agua de la superficie está sujeta al calentamiento del verano y enfriamiento del invierno, el agua subsuperficial presenta un ciclo desfazado, con enfriamiento primaveral (mayo) y calentamiento otoñal (diciembre). Este desplazamiento ocurre también a lo largo de la plataforma continental oeste de los Estados Unidos de América (Huyer, 1977, Winant y Bratkovich, 1981).

Aunque la variación estacional de temperatura es relativamente alta el cambio neto en la columna de agua es muy reducido, lo que pone en evidencia un fenómeno de

redistribución otoñal de calor en la columna de agua.

En general, la salinidad varía poco y se mantiene dentro de un rango de 0.4 ‰ en el ciclo anual. A partir de los datos climatológicos, de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, se conoce que la evaporación presenta valores máximos en agosto, mientras que el máximo ocurre en mayo, por ello puede considerarse que los cambios locales de la salinidad son causados mas por procesos de advección que por evaporación, predominan así aguas mas saladas en el fondo y en la superficie con un mínimo intermedio durante primavera y verano cuando la surgencia es más intensa. Este arreglo de la salinidad no representa una inestabilidad, puesto que las variaciones de ésta no son tan grandes como para sobreponerse al efecto de la temperatura en la densidad. Como se aprecia en los resultados el coeficiente de correlación lineal entre la temperatura y la densidad (σ_t) es de -0.090 mientras que el de la salinidad y σ_t es de 0.02 , lo cual indica que la temperatura controla la distribución de la densidad, como los resultados obtenidos en la Jolla California por Strickland et al., (1970).

La salinidad alta de la superficie durante la primavera y verano se pudiera explicar por la advección de agua desde las zonas de surgencia. Cabrera (1971), Argote et al., (1975) y Morales (1977), detectaron áreas de surgencia

intensa en los límites de la bahía cerca de Punta San Miguel y Punta Banda. El agua advectada durante el proceso gana calor sin perder sal pues la difusión de temperatura es 100 veces mayor que aquella de sal (Pond and Pickard, 1978).

Millán Núñez y Alvarez Borrego, 1978), han propuesto en base a las condiciones hidrológicas y composición del fitoplancton, que se presenta advección de masas de agua provenientes de una zona de surgencia hacia la bahía.

Los datos analizados, nos permiten identificar la presencia de la masa de agua californiana del Sur, que está por abajo de la termoclina estacional durante la primavera y el verano, la posición de esta masa de agua se muestra en el diagrama T-S correspondiente. Esta masa fue identificada por primera vez, en la parte del sur de California (Kin dyushev, 1968). Puede considerarse apoyándose en Gómez (1984) que el agua asciende desde más de 200 metros de profundidad, por lo que no se espera que esté tan modificada por mezcla vertical y evaporación.

La época de surgencia está asociada con los mínimos de penetración de la luz, y los máximos ocurren en la época invernal, estos resultados concuerdan con los de Grijalva et, al, (1985). Al incrementarse el plancton en zonas costeras contribuye a la absorción de la luz produciéndose una

coloración verde o verde amarilla. Es reconocido que la presencia del fitoplancton contribuye a la coloración del agua y al decremento de transparencia del agua, como fue observado en la bahía. Los análisis de una gran cantidad de datos recabados en el Sur de California, sugieren una posible correlación en el cual el coeficiente de extinción se incrementa de 0.1 a 0.3, al aumentar los conteos de 1000 a 10000 células por litro (Oceanographic survey of Southern California, 1965).

La distribución de las variables hidrológicas temperatura baja (11°C), salinidad relativamente alta (33.60 ‰) densidad alta (26.50), sugiere la posibilidad de haber detectado un evento de surgencia.

En general, el efecto producido por la surgencia en la distribución de los parámetros físicos y químicos del agua de mar, es transportar las características de las aguas subsuperficiales hacia la superficie. Sin embargo, en la bahía las aguas de surgencia no alcanzan la superficie debido a la presencia de agua menos densa en la superficie ocasionando una fuerte estratificación, lo que hace que los nutrientes queden fuera de la zona eufótica y cabe la posibilidad de que no pueda disponerse de ellos sino hasta el final del otoño cuando se rompe la estabilidad de la columna de agua.

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- 1.- La ocurrencia de una estructura en primavera y verano de tres capas bien diferenciadas una capa superficial homogénea de 6 a 8 metros de profundidad, con valores altos de temperatura salinidad y oxígeno disuelto. Una capa profunda, homogénea, de baja temperatura, relativamente alta salinidad y bajo contenido de oxígeno disuelto. Una capa intermedia con un fuerte gradiente vertical de temperatura, de alta estabilidad, con mayor oxígeno disuelto y menor salinidad que las otras dos.
- 2.- La presencia de una fuerte termoclina estacional permitiría al menos durante primavera, verano y parte del otoño que las aguas residuales sean mezcladas con agua de fondo, sin permitir que los contaminantes lleguen a la superficie, donde puedan ser arrastrados por el viento hacia la costa.
- 3.- La presencia de agua de bajo contenido de oxígeno disuelto en el fondo (aprox. 3 ml/l), durante la primavera y verano, ofrece el riesgo de abatimiento de este gas debido a la carga orgánica de la materia vertida por un emisor.
- 4.- Durante los meses invernales, la falta de estratificación ocasionada por la alta capacidad de mezcla de la columna de

agua, ocasionaría que el agua de los vertimientos alcanzara la superficie. Sin embargo, como hechos favorables se encuentra alto contenido de oxígeno disuelto en las aguas receptoras y además coincide con un período de mezcla intensa que ayudarían a la asimilación de los desechos.

5.- Las distribuciones de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes en la parte más profunda de las localidades de muestreo, parecen indicar que el evento de surgencia alcanza su máximo desarrollo en mayo, y es seguido por un hundimiento progresivo de las isolíneas (isotermas, isopichnas), hasta el final del otoño.

6.- Se observó un retardo en la propagación de la onda térmica la superficie sigue al ciclo estacional y en los niveles subsuperficiales ocurre enfriamiento en primavera y calentamiento en otoño.

7.- La relación entre la temperatura y la sigma-t, quedó manifiesta por la distribución de las isolíneas y por el factor de correlación tan alto (-0.90).

RECOMENDACIONES

- 1.- Continuar el estudio oceanográfico de la Bahía de Todos Santos para determinar el patrón de circulación lo que permitiría conocer el destino y trayectoria final de las sustancias contaminantes.
- 2.- Completar el ciclo semestral de la distribución de los nutrientes a fin de determinar los posibles cambios generados por los vertimientos. Con este conocimiento se podrán estimar los cambios en biomasa del plancton ocasionados en las cercanías de la descarga. Y de esta forma conocer si se presentan fenómenos de eutroficación.
- 3.- Realizar un estudio sobre la distribución y abundancia de los organismos del Bentos, esto permitirá establecer un marco de referencia para evaluar los cambios ocasionados por la descarga.
- 4.- El abatimiento del oxígeno en el fondo, durante el período de surgencia, ofrece un riesgo potencial debido a la alta carga orgánica de los desechos vertidos por un emisor debiéndose evaluar la tasa de renovación del agua de la bahía a fin de evitar alteraciones graves en el medio ambiente marino.
- 5.- De ser instalado un emisor, se sugiere mejorar el

tratamiento de las aguas residuales a fin de evitar que existan cantidades grandes de sólidos suspendidos grasas y aceites que pudieran afectar el funcionamiento adecuado del emisor. Es recomendable vigilar la calidad de agua del efluente a través de monitoreos continuos.

6.- Este estudio de ninguna forma pretende ser conclusivo para tomar una decisión sobre la instalación de un emisor solamente cubre uno de los aspectos necesarios en la realización de una obra de este tipo.

VI.- BIBLIOGRAFIA

- Academy of Sciences. 1976. Disposal in the marine environment an oceanographic assesment. An analytical study for the U.S. Environmental Protection Agency.
- Aguero, Madero, G.A. 1986. Características estructurales de la Bahía de todos los Santos y áreas costeras adyacentes. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. México. pp.
- Alvarez Sanchez, L.G. 1977. Vientos en la Bahía de Todos Santos, B.C., Ciencias Marinas, Vol. 4(1):81-89.
- Arce Duarte, F. A. 1984. Efectos de la contaminación orgánica en la zona costera de la Bahía de Todos Santos B.C. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas U.A.B.C. Ensenada, B.C. México. 75 pp.
- Argote, Espinoza, H.L., A. A. Buenrostro., y C. Morales Z. 1975. Distribución de los parámetros Salinidad y Temperatura y Tendencias de Circulación en la Bahía de Todos Santos, B.C. En memorias de la primera reunión de CIBCASIO, pp. 3-30.
- Aubert, M. 1969. Oceanographie Medicale. Gauthuier-Villars (ed.) París. 150-216.
- Baltazar Valenzuela, E.1984. Estudio de las algas marinas bentónicas en la rada portuaria de Ensenada. B.C. México. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. UABC Ensenada, B. C. México. 41 pp.
- Barnes, C.A. and E.E. Collias. 1958. J. Mar.Res. 17, 68.
- Brockris, J. 1980. Environmental Chemistry. Plenum Press.
- Bureau of Land Management. 1980. A climatology and oceanographic analysis of the Pacific outer California shelf region. U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration. Washington, D.C.
- Cabrera Huro, H.R. 1971. Distribución de temperatura en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada,

- B.C. México. 34 pp.
- Cairns, J.L. and K.W. Nelson. 1970. A description of the seasonal thermocline in shallow coastal water. J. Geophysical Research. 75 : 1127-1131.
- Cairns, J.L. and K.W. Nelson. 1970. A description of the seasonal thermocline cycle in shallow coastal water. Jour. of Geophysical Res., Vol. 75(6):1127-1131.
- Chang, R. L. 1972. Contaminantes potenciales que pueden afectar a los organismos del medio ambiente marino a lo largo de la costa del Perú. En: Ruivo, M. (ed.). La contaminación del mar y los recursos vivos., F.A.O. Fish. mew., England, 106-111.
- Chi-Tze Chen., T.T. Tseng., Ch.F. Wu y G.H.Luk. 1982. Design considerations for Kaohsiung city outfall. In Assimilative capacity of the oceans for mans wastes. April 1982. SCOPE/ICSU sinica, Taipei, Republic of China.
- Cruz Falcón, A. 1988. Variación estacional de perfiles de playa al sur del puerto de Ensenada, B.C., como apoyo al estudio oceanográfico para la instalación de un emisor submarino. En revisión, Revista de Ciencias Marinas.
- Cruz Falcón, A. 1988. Estimación de la profundidad al basamento en la zona costera y Bahía de Todos Santos, B.C. Reporte técnico. Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada. Secretaría de Marina. Marzo de 1988.
- Cruz Falcón, A. 1988. Continuación de la falla secundaria del vigía hacia el Norte de la ciudad de Ensenada. Reporte técnico. Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada. Secretaría de Marina. Octubre de 1988.
- Delgadillo Hinojosa, F. 1985. Contaminación fecal en sedimentos superficiales de la zona litoral de la Bahía de Todos Santos B.C. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 40 pp.
- Dugan, P. R. 1972. Biochemical Ecology of Water Pollution. Plenum Press. New York.
- Emilsson Ingvar. 1975. Elementos de Oceanografía Física. Apuntes de clase. No publicado.

- Encalada Fleites, R.R. 1987. Impacto de la contaminación sobre las comunidades bentónicas en la Bahía de Todos Santos, Baja California. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. 43 pp.
- Fernández, A. E. 1973. Algunas observaciones sobre la contaminación de las aguas costeras en la ciudad de Cumana. Bol. del Inst. Ocean. Universidad de Oriente, Venezuela. 12(1): 23-32.
- Foyn, E. 1971. Municipal Wastes. In Hood W.D. (ed.). Impigments of man on the oceans. John Wiley and sons, Inc. New York, 445-460.
- Friligos, N. 1981. An Index of Marine Pollution in the Saronikos Gulf. Mar. Poll. Bull., 12(13): 96-100.
- Galindo Bect, S. y J. A. Segovia Z. 1984. Fuentes de contaminación por materia orgánica en la Bahía de Todos Santos, B.C. Ciencias Marinas 10(1):19-26.
- Gauthier, M. J. 1981. Les pollutions marines. Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Suisse. Institut. du Genie de L Environnement.
- Gómez Valdéz José. 1984. Estructura hidrográfica promedio frente a Baja California. Ciencias Marinas. Vol. 9 (2): 75-86.
- Grace, R. 1978. Marine Outfall Systems, Planning Design and Construction. Prentice Hall, Inc.
- Grijalva Chon, J.M. y L. R. Castro. 1985. Temperatura y visibilidad en la Bahía de Todos los Santos, B.C. México. Octubre de 1982 a Septiembre de 1983. Revista de Ciencias Marinas. Vol 7 (1): 39-48.
- González Serrano, A. 1977. Anomalías gravimétricas y magnéticas de la Bahía de Todos los Santos. Tesis de Licenciatura. Facultad De Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C.
- Huyer, A. 1977. Seasonal variation in temperature, salinity and density over the continental shelf off Oregon. Limnol. and Oceanogr. Vol. 2(3): 442-453.
- Jacobs, W.C. 1951. The energy exchange between the sea and the atmosphere and some of its consequences. Bull. Scripps Inst. Oceanography., 6: 27-122.

- Kindyushev, v.I. 1968. Seasonal variations of water mass region in the California region of the Pacific Ocean. Oceanology, Vol. 10(4): 456-464.
- La Fond, E.C. 1967. Near shore Oceanography. Reprinted from the U.S. Electronics Laboratory. Oceanographic Research Tower. N.E.L. report 1342. 22 Dec. 1965.
- Lin, H. C. 1982. Predisgn and predischage oceanographic studies for the San Francisco ocean outfall project. In assimilative capacity of the oceans for mans wastes. April 26-30. 1982. E.Goldberg (ed.).
- Lizárraga Partida, H. L. 1973. Organic pollution in Ensenada Bay, México. Marine Pollution Bulletin, 5(7):109-112.
- Ludwig, R.C. 1983. Marine outfallll planning and design. ENCIBRA S.A., Sao Paulo.
- Mearns, J.A. 1982. Ecological Effects of Ocean Sewage Outfalls. Southern California Coastal Water Research Project. Annual Report.
- Millán Nuñez E. y D. Loya S. 1987. Phytoplantonic temporal variability in a coastal zone of the northwest part of Baja California. En preparación.
- Morales Zuñiga, C. 1977. Variaciones estacionales de la temperatura en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C.
- Okuda, I.S.B., B. Ruiz y A. J. García. 1974. Algunas características bioquímicas en el agua de la Fosa de Cariaco. Bol. Inst. Oceanog. Universidad de Oriente, Venezuela, 13(1-2):163-174.
- Orozco Borbón, M.V. y E. A. Gutierrez G. 1983. Contaminación fecal costera en la zona del puerto de Ensenada, B.C. Ciencias Marinas 9(1):27-34.
- Orozco Borbón, M.V. y S. Sañudo W. 1985. Contaminación por bacterias patógenas coliformes en el puerto de Ensenada Ciencias Marinas.
- Peña Manjarrez, J.L. 19887. Contribución al estudio de Fuentes de Contaminación por materia orgánica y sus aportes a la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. 67 pp.

- Pickard, G.L. and W. Emery. 1982. Descriptive Physical Oceanography. Pergamon Press.
- Pike y Gameson. 1970.
- Reid, J.L., G.I. Roden and J.G. Wyllie. 1958. Studies of the California current system, California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Progress report, 7-1-56a 1-1-58, Marine Resources Comitee, California Department of Fish and Game, Sacramento, California. pp: 27-56.
- Ryther J.H. 1956. Limnol. and Oceanography. 1, 72.
- Richards, F.A. 1957. Oxygen in the ocean. Geol. Soc. America. pp. 185-213. Memoir 67 Vol. 1. 1957.
- Sañudo Wilhelmy, S.A., A. Morales Chavez y J. A. Vargas Flores. 1984. Contaminación fecal en la Bahía de Ensenada, B.C. México Ciencias Marinas 10(1):7-17.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 1985. Legislación Ambiental Mexicana.
- Secretaría de Marina. 1974. Estudio Geográfico de la Región de Ensenada, B.C. Dirección de Oceanografía y Señalamiento Marítimo, Secretaría de Marina. México.
- Secretaría de Marina. 1981. Impacto ecológico de los asentamientos humanos en la bahía de Todos Santos, B.C. Reporte a : Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada, B.C. México.
- Secretaría de Marina. 1986. Reportes mensuales sobre el estado de la contaminación marina en el puerto de Ensenada, rada de el Sauzal y mar adyacente. No publicado.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1980. X Censo de población y vivienda 1980. Estado de Baja California. Vol I Tomo 2. México 1983. SPP. INEGI. 50 pp.
- Segovia Zavala, J.A. 1982. Estudio de la contaminación por materia orgánica en la zona industrial del Sauzal, B.C. Tesis de licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. UADC Ensenada, B.C. México. 96 pp.
- Smethie, W.M. Jr. 1973. Some aspects of the temperature, salinity, oxygen and nutrients distributions in Monterrey Bay. Monterrey California Moss Landing Marine Laboratories. Technical Publications 73(1).106 pp.

- Stevenson, R. 1960. Winds over coastal southern California: Bull., SO. Calif. Acad. Sci., Vol. 59 (2): 103-119.
- Strickland, J. D.H. y T. R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Sea Water Analysis. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 167
- Strickland, J. D. H., L. Solorzano, and R.W. Eppley. 1970. General Introduction, Hidrography and Chemistry. In: (J.D.H. Strickland, ed.) The ecology of the plancton off la Jolla, California, in the period April through September, 1967. Bull. Scripps Inst. Oceanogr., 17: 1-22.
- Walton, W.R. 1955. Ecology of living benthonic Foraminifera, Todos Santos Bay, Baja California. J. of Paleontology, Vol. 29 No. 6: 952-1018.
- Winant C. D. y A. W. Bratkovich. 1980. Temperature and currents on the southern California Shelf: a description of the variability. Journal of Physical Oceanography Vol. II. No. 1, 71-86.
- ZoBell, C.E. 1959. Marine pollution problems in the southern California area. Contributions from Scripps Institution of Oceanography, New Series. 645-651.

PROGRAMA PARA EL CALCULO DE SIGMA-T, ESTABILIDAD Y FRECUENCIA
DE BRUNT-VAISALLA.

```

REAL*8 SIGMA0, SIGMAT(20), AT, BT, ST, SAL(20), TEMP(20)
& , OXI(20), EST(19), Z(20), DPI, FBV(20)
DPI=8.0D0/DATAN(1.0D0)
WRITE(6,3)
EST(1)=0.0D0
IE=1
50 READ(5,1,END=99)ND
WRITE(6,5) IE
5 FORMAT('ESTACION # ',I2)
1 FORMAT(I2)
3 FORMAT(2X,'PROFUNDIDAD',2X,'TEMPERATURA',2X,'SALINIDAD',2X,
& 'OXIGENO',2X,'SIGMAT',3X,'ESTABILIDAD',2X,'FRECUENCIA',/)
DO 100 I=1, ND
READ(5,2,END=99)Z(I),TEMP(I),SAL(I),OXI(I) 2 FORMAT(3F8.4,F5.2)
FORMAT ( 1X, 4F8.4)
SIGMA0=-0.0934+0.8148*SAL(I)-5.83D-5*SAL(I)*SAL(I)+
& 8.14D-7*SAL(I)*SAL(I)*SAL(I)
AT=4.7867D-3*TEMP(I)-9.8185D-5*TEMP(I)*TEMP(I)+
& 1.0842D-6*TEMP(I)*TEMP(I)*TEMP(I)
BT=1.802D-5*TEMP(I)-8.164D-7*TEMP(I)*TEMP(I)
& +1.667D-8*TEMP(I)*TEMP(I)*TEMP(I)
ST=((-(TEMP(I)-3.98)**2)/503.57)*
& (TEMP(I)+283.0)/(TEMP(I)+67.26)
SIGMAT(I)=ST+(SIGMA0+0.1324)*
& (1.0-AT+BT*(SIGMA0-0.1324))
4 FORMAT(3X,F6.2,8X,F6.2,6X,F7.3,4X,F5.2,3X,F7.3,2X,F8.2,5X,F6.2)
100 CONTINUE
ND=ND-1
DO 200 I=1,ND
I1=I+1
EST(I1)=((10.0D-4*(SIGMAT(I)+SIGMAT(I1)))/2.0D0)+1.0D0
EST(I1)=1.0D0/EST(I1)
EST(I1)=EST(I1)*(SIGMAT(I)-SIGMAT(I1))
EST(I1)=EST(I1)/(Z(I)-Z(I1))
EST(I1)=EST(I1)*10.0D4
FBV(I1)=DEQRT(9.81D0*DABS(EST(I1))*1.0D-8)
FBV(I1)=86400.0D0*FBV(I1)/(DPI )
200 CONTINUE
ND=ND+1
WRITE(6,4)(Z(I),TEMP(I),SAL(I),OXI(I),SIGMAT(I),EST(I),FBV(I),
& I=1,ND)
IE=IE+1
GOTO 50
99 CALL EXIT
END

```

Características de las aguas residuales de la ciudad de Ensenada, B.C.

Las cantidades y propiedades de las sustancias que son vertidas al océano son parte de la información necesaria para evaluar la capacidad asimilativa del medio marino para absorber las aguas residuales sin ocasionar daños al ecosistema (National Science Foundation, 1982).

El conocimiento de las propiedades físicas y químicas de los contaminantes es necesario para determinar sus movimientos en el medio marino, y de esta manera determinar los efectos provocados por esta práctica.

Las propiedades físicas del desecho, influyen en su transporte, dispersión y sedimentación, y pueden ser usadas, una vez que las características del sitio de disposición final han sido evaluadas para predecir su posible trayectoria. Por otra parte es muy importante la determinación de las sustancias químicas que acompañan al desecho ya que la vertimiento puede alterar los niveles normales o puede introducir algunos compuestos que sean extraños.

Las aguas negras domésticas son una mezcla diluida de material fecal, orina, comida pulverizada, y agua. Contiene además, productos de desecho de todo lo que excretamos y molemos en las unidades de disposición, incluyendo organismos entéricos, lípidos, carbohidratos, proteínas, urea, amoníaco, y una variedad de cationes y aniones, así como elementos traza presentes en el agua de abastecimiento. (Mearns, 1982).

Las aguas negras son ricas en materia orgánica lo que incrementa las demandas química y bioquímica de oxígeno disuelto en el medio marino, creando una serie de efectos negativos ya que están sujetos a una serie de factores físicos y bioquímicos (Friligos, 1981), manifestados por consumo elevado de oxígeno para su oxidación (Chang, 1972), abatimiento de este gas en el agua (Foyn, 1971), formación de mantos lodosos en los lugares adyacentes a las descargas, generación de zonas anóxicas donde puede ocurrir la producción de metano y ácido sulfhídrico, altamente tóxicos para la vida acuática (Dugan, 1972), disminución del potencial hidrógeno, procesos de desnitrificación, creación de zonas abióticas y proliferación de bacterias anaerobias estrictas que son patógenas al hombre y al ecosistema (Fernández, 1973, Okuda, 1974). Su degradación produce nutrientes que son liberados al cuerpo receptor, así como una gran cantidad de bacterias y virus (Mearns, 1982).

La ciudad de Ensenada B.C., cuenta con una planta de tratamiento para aguas negras domésticas con capacidad de 80,000 habitantes (Noble, comunicación personal), el sistema

está formado por dos tanques Imhoff de sedimentación, un aerador con agitación mecánica, un clarificador, y un tanque para cloración. La operación de este sistema ha sido irregular y costosa, ocasionando que el tratamiento que se hace a las aguas residuales no sea adecuado. En la tabla I, se presenta el volumen de aguas negras generado por la ciudad durante el año de 1986. En esta se aprecia que durante los meses de verano aumentan los caudales de aguas residuales, disminuyendo gradualmente en otras épocas. Los datos presentados aquí son importantes, en el modelo utilizado para determinar el volumen de agua de mar para mantener las aguas residuales por debajo de la superficie presentado en este trabajo, en el que son considerados además las diferencias de densidades entre las aguas negras y el agua de mar circundante.

Las características físicas y químicas promedio de las aguas residuales que entran y salen de la planta de tratamiento se presentan en la tabla II, considerándose los parámetros indicadores de materia orgánica que transportan.

Peña (1987), encontró que la eficiencia total de la planta de tratamiento para todos los parámetros analizados fué de 27.6 %, siendo muy similares a los reportados por Segovia y Galindo en 1984. En la información presentada, se observa que la eficiencia más alta se obtuvo en los sólidos sedimentables siendo de 53 %, siguiéndole la demanda bioquímica de oxígeno con 49 % y finalmente la remoción de grasas y aceites con 31 %. La disminución de los valores de estos parámetros constituye un punto favorable para el funcionamiento adecuado de un emisor submarino ya que estas características se aproximan a las condiciones deseables para realizar una descarga por medio de este sistema (Pearson, 1978). De todos los parámetros indicativos de carga orgánica como los Sólidos Totales Volátiles, la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Demanda Química de Oxígeno, el segundo parámetro resultó ser el más eficiente, a diferencia de los sólidos que mostraron incluso valores negativos (Peña, 1987).

La carga orgánica doméstica estimada es mucho menor a la originada por la industria, representando en promedio un 35 % de esta última para todas las cargas estimadas (I. I. O., 1982).

Como puede notarse, la planta de tratamiento no funciona adecuadamente, requiriéndose por lo tanto un sistema de disposición complementario que pudiera ser la instalación de un sistema de emisor difusor. Con respecto al aumento del volumen ocasionado por el crecimiento normal de la ciudad, Peña op. cit., calcula una demanda potencial de agua potable para el año 2000 de 1770 l/s. Considerando que la carga orgánica total sería de 2020, 2955, y 2319 toneladas en Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, y Sólidos Totales

Volátiles respectivamente por parte de las descargas de origen puramente doméstico, equivalente a lo que aporta actualmente la pesquera Zapata.

Tabla I. Volúmenes de aguas negras vertidas por la
planta de tratamiento del CESPE, durante el año de 1
986.

(fuente CESPE, departamento de medidores.)

Meses	Volumenes (l/seg)
Enero	288.67
Febrero	258.66
Marzo	250.96
Abril	269.33
Mayo	316.42
Junio	293.56
Julio	312.78
Agosto	345.10
Septiembre	359.31
Octubre	296.18
Noviembre	316.84
Diciembre	317.21

Tabla II. Eficiencia (%) y características físicas químicas de la planta de tratamiento de la CESPE en 1982 (Tomado de Peña, 1987)

Parámetro	Afluente Promedio	Efluente Promedio	Eficiencia Promedio
ST	1966	1947	0.94
STV	581	573	1.37
STF	1385	1375	0.72
SST	287	219	22.03
SSV	208	160	23.07
SSF	79	61	22.73
SSED	4.3	3.0	53.47
DBO	563	310	44.94
DQO	673	517	23.13
G y A	384	263	31.51

unidades en mg/l

Tabla III.- Resultados de las variables medidas en la Bahía de Todos Santos, B.C. durante el ciclo anual.

PROFUNDIDAD metros	TEMPERATURA (°C)	SALINIDAD ‰	OXIGENO (ml/l)	SIGMAT	ESTABILIDAD 10 ⁻³	FRECUENCIA
4 de marzo de 1986						
ESTACION # 1						
1.00	16.22	33.389	6.39	24.716	0.00	0.00
10.00	14.00	33.398	6.68	25.039	3502.10	254.08
ESTACION # 2						
1.00	16.30	33.370	6.57	24.684	0.00	0.00
10.00	14.00	33.311	6.70	24.971	3119.01	240.53
10.00	13.98	33.389	5.01	25.206	2855.92	230.17
ESTACION # 3						
1.00	16.23	33.393	6.66	24.718	0.00	0.00
10.00	15.50	33.382	7.13	24.873	1690.36	177.06
20.00	13.75	33.400	5.07	25.262	3787.95	265.00
ESTACION # 4						
1.00	15.72	33.342	6.73	24.793	0.00	0.00
10.00	15.46	33.313	6.76	24.829	383.82	84.30
20.00	13.00	33.400	5.76	25.251	4123.16	276.56
25.00	13.25	33.445	5.73	25.399	2869.10	230.70
ESTACION # 5						
1.00	15.69	33.338	6.88	24.799	0.00	0.00
10.00	15.36	33.351	6.80	24.880	879.64	127.74
20.00	14.14	33.341	5.96	25.135	2482.83	214.61
35.00	13.18	33.440	4.83	25.409	1700.41	181.73
4 de abril de 1986						
ESTACION # 1						
1.00	17.53	33.449	6.71	24.456	0.00	0.00
10.00	14.67	33.491	5.76	25.139	7406.02	370.65
ESTACION # 2						
1.00	17.36	33.435	6.66	24.486	0.00	0.00
10.00	15.57	33.440	7.22	24.909	4507.22	291.70
15.00	13.26	33.555	5.00	25.402	11102.96	455.46
ESTACION # 3						
1.00	17.13	33.270	6.70	24.419	0.00	0.00
10.00	15.20	33.410	7.66	24.944	5606.34	324.70
20.00	12.52	33.570	4.75	25.640	6794.92	355.03
ESTACION # 4						
1.00	17.06	33.403	6.66	24.403	0.00	0.00
10.00	14.29	33.447	6.71	25.106	8491.66	396.09
20.00	12.50	33.517	4.80	25.587	3916.04	269.52
25.00	11.96	33.601	4.20	25.772	3600.74	258.44
ESTACION # 5						
1.00	10.42	33.500	6.52	24.204	0.00	0.00
10.00	14.23	33.486	6.65	25.229	10240.15	435.83
20.00	11.90	33.632	4.30	25.800	5644.09	323.57
30.00	11.72	33.599	4.04	25.816	77.17	37.03
35.00	11.60	33.550	3.83	25.800	~313.22	76.22
10 de mayo de 1986						
ESTACION # 1						
1.00	17.09	33.673	6.44	24.734	0.00	0.00
10.00	12.90	33.610	4.55	25.676	10204.33	435.07
ESTACION # 2						
1.00	17.70	33.665	6.64	24.582	0.00	0.00
10.00	13.21	33.596	5.86	25.524	10216.03	435.32
15.00	11.60	33.673	3.06	25.001	3862.92	267.69
ESTACION # 3						
1.00	18.05	33.662	6.81	24.494	0.00	0.00
10.00	14.10	33.623	6.04	25.363	9414.11	417.89
20.00	11.59	33.609	3.16	25.848	4727.33	296.13
ESTACION # 4						
1.00	19.32	33.755	6.02	24.240	0.00	0.00
10.00	13.80	33.610	6.37	25.415	12656.38	484.53
20.00	11.40	33.477	3.08	25.764	3407.11	251.40
25.00	11.34	33.714	3.11	25.976	4122.42	276.53
ESTACION # 5						
1.00	19.48	33.729	7.11	24.187	0.00	0.00
10.00	12.50	33.576	5.49	25.649	15854.66	547.31
20.00	11.49	33.607	4.06	25.864	2100.16	197.36
30.00	11.03	33.714	3.10	26.032	1634.61	174.13
35.00	10.00	33.471	3.01	25.868	-3194.23	243.42
16 de junio de 1986						
ESTACION # 1						
1.00	19.74	33.795	6.66	24.170	0.00	0.00
10.00	16.00	33.609	6.93	24.999	8991.51	400.40
ESTACION # 2						
1.00	19.14	33.775	6.81	24.309	0.00	0.00
10.00	14.14	33.644	7.97	25.371	11510.35	462.08
15.00	11.80	33.681	3.50	25.950	5820.98	329.11
ESTACION # 3						
1.00	18.73	33.759	6.96	24.400	0.00	0.00
10.00	16.06	33.681	8.46	24.979	6270.25	341.26
20.00	11.64	33.686	3.03	25.099	8964.23	407.70
ESTACION # 4						
1.00	19.10	33.745	7.15	24.296	0.00	0.00
10.00	13.30	33.566	7.46	25.467	12690.44	485.18
20.00	11.35	33.670	4.16	25.895	4175.50	270.44
25.00	11.29	33.685	3.27	20.962	1305.28	155.60
ESTACION # 5						
1.00	18.76	33.580	7.30	24.255	0.00	0.00
10.00	14.77	33.645	7.77	25.344	11800.13	460.01
20.00	12.74	33.674	4.04	25.071	5135.13	206.57
30.00	11.06	33.550	3.21	25.898	268.62	70.59
35.00	10.99	33.639	3.04	25.901	1606.53	172.63
8 de julio de 1986						
ESTACION # 1						
1.00	20.92	33.729	6.22	23.807	0.00	0.00
10.00	17.40	33.621	6.98	24.620	6820.05	464.49
ESTACION # 2						
1.00	20.70	33.713	6.26	23.033	0.00	0.00
10.00	16.70	33.560	7.64	24.745	9893.28	420.39
17.00	13.36	33.560	5.54	25.466	10055.11	431.00
ESTACION # 3						
1.00	20.57	33.711	6.37	23.867	0.00	0.00
10.00	15.22	33.550	7.71	25.066	12781.74	486.93
20.00	12.40	33.594	4.69	25.683	6015.08	334.05
ESTACION # 4						
1.00	20.21	33.600	6.55	23.959	0.00	0.00
10.00	14.34	33.570	7.34	25.271	14229.70	513.77
20.00	12.15	33.617	4.52	25.749	4656.52	293.90
25.00	11.64	33.648	3.35	25.863	2224.15	203.12
ESTACION # 5						
1.00	19.72	33.677	6.65	24.085	0.00	0.00
10.00	14.04	33.524	7.21	25.128	11317.94	450.20
20.00	12.32	33.572	5.40	25.681	5307.71	316.13
30.00	11.26	33.636	3.67	25.929	2423.02	212.04

12 de agosto de 1986						
ESTACION # 1						
1.00	21.09	33.677	7.47	23.721	0.00	0.00
10.00	15.12	33.602	5.98	25.128	15256.56	531.98
ESTACION # 2						
1.00	21.14	33.585	7.38	23.637	0.00	0.00
10.00	14.99	33.564	6.39	25.127	16156.68	547.45
18.00	13.32	33.578	5.48	25.482	4329.54	283.39
ESTACION # 3						
1.00	20.86	33.717	6.33	23.814	0.00	0.00
10.00	16.27	33.599	7.58	24.868	11431.11	460.48
20.00	12.96	33.572	5.73	25.556	6707.80	352.74
ESTACION # 4						
1.00	20.74	33.669	6.63	23.889	0.00	0.00
10.00	14.23	33.582	7.97	25.304	16202.63	548.23
20.00	12.71	33.567	5.28	25.681	2981.36	231.99
25.00	12.49	33.599	4.62	25.669	1324.71	156.76
ESTACION # 5						
1.00	20.46	33.672	6.62	23.886	0.00	0.00
10.00	14.64	33.568	7.68	25.199	14237.37	513.91
20.00	12.56	33.595	5.08	25.652	4417.15	286.25
28.00	12.35	33.620	4.55	25.712	587.29	184.37
35.00	12.18	33.613	4.19	25.748	529.68	99.12

18 de septiembre de 1986						
ESTACION # 1						
1.00	21.07	33.582	6.58	23.435	0.00	0.00
10.00	16.70	33.358	5.38	24.576	12381.88	479.25
ESTACION # 2						
1.00	21.34	33.594	6.23	23.598	0.00	0.00
10.00	15.68	33.297	6.05	24.785	12978.58	498.51
18.00	13.49	33.399	4.13	25.314	6448.86	345.87
ESTACION # 3						
1.00	21.09	33.676	6.11	23.581	0.00	0.00
10.00	15.14	33.323	6.24	24.684	12832.82	487.88
18.00	12.23	33.401	4.58	25.564	18735.02	446.24
ESTACION # 4						
1.00	22.14	33.654	6.18	23.415	0.00	0.00
10.00	14.46	33.328	6.73	25.857	17815.38	574.93
20.00	12.63	33.457	4.66	25.531	4617.55	292.67
25.00	12.24	33.495	4.36	25.636	2849.54	194.98
ESTACION # 5						
1.00	19.87	33.464	6.53	24.888	0.00	0.00
10.00	13.78	33.336	6.36	25.222	12384.18	477.74
20.00	12.51	33.386	5.75	25.499	2696.19	223.64
30.00	12.04	33.583	5.88	25.688	1778.57	181.23
35.00	11.84	33.588	4.73	25.722	811.65	122.70

7 de octubre de 1986						
ESTACION # 1						
1.00	18.84	33.336	6.19	24.847	0.00	0.00
10.00	18.06	33.448	6.40	24.321	2968.62	234.66
ESTACION # 2						
1.00	18.64	33.329	6.46	24.892	0.00	0.00
10.00	18.53	33.441	6.42	24.205	1233.37	151.26
18.00	14.90	33.348	6.19	24.972	9356.35	416.60
ESTACION # 3						
1.00	18.88	33.327	6.68	24.830	0.00	0.00
10.00	17.47	33.386	6.58	24.422	4258.85	288.81
20.00	13.88	33.343	5.83	25.191	7500.36	373.00
ESTACION # 4						
1.00	19.52	33.486	6.42	23.989	0.00	0.00
10.00	17.29	33.418	6.52	24.483	5358.67	315.28
20.00	13.60	33.346	5.97	25.258	7484.06	372.60
25.00	13.28	33.347	5.48	25.316	1288.55	154.12
ESTACION # 5						
1.00	19.12	33.459	6.23	24.871	0.00	0.00
10.00	16.53	33.378	6.57	24.637	6139.65	337.47
20.00	14.47	33.415	5.93	25.123	4748.65	296.54
30.00	13.57	33.398	5.72	25.297	1699.48	177.55

6 de noviembre de 1986						
ESTACION # 1						
1.00	17.98	33.426	6.46	24.329	0.00	0.00
10.00	16.65	33.397	5.72	24.624	3193.29	243.38
ESTACION # 2						
1.00	17.89	33.421	6.87	24.348	0.00	0.00
10.00	16.55	33.389	6.44	24.641	3181.55	242.93
18.00	14.85	33.352	6.18	24.993	4288.71	282.05
ESTACION # 3						
1.00	18.07	33.445	7.16	24.322	0.00	0.00
10.00	17.56	33.428	6.63	24.433	1288.86	149.20
20.00	14.92	33.363	6.26	24.586	5398.21	316.44
ESTACION # 4						
1.00	18.84	33.451	6.45	24.334	0.00	0.00
10.00	17.50	33.434	6.66	24.452	1276.74	153.89
20.00	15.41	33.361	6.28	24.877	4151.82	277.49
25.00	14.57	33.367	5.95	25.064	3651.33	268.25
ESTACION # 5						
1.00	18.13	33.474	6.47	24.338	0.00	0.00
10.00	15.30	33.367	6.63	24.776	4874.67	308.47
20.00	15.01	33.362	6.33	24.966	1826.37	184.06
30.00	14.51	33.353	5.97	25.066	981.80	134.90

3 de diciembre de 1986						
ESTACION # 1						
1.00	17.15	33.375	6.39	24.498	0.00	0.00
10.00	16.71	33.401	6.34	24.615	1363.45	159.83
ESTACION # 2						
1.00	17.48	33.353	6.34	24.413	0.00	0.00
10.00	16.95	33.369	6.42	24.532	1298.38	154.71
18.00	16.85	33.369	6.20	24.556	286.09	72.85
ESTACION # 3						
1.00	17.43	33.347	6.32	24.481	0.00	0.00
10.00	17.17	33.338	6.29	24.456	595.78	105.12
20.00	16.84	33.336	6.34	24.532	743.03	117.40
ESTACION # 4						
1.00	17.44	33.394	6.32	24.435	0.00	0.00
10.00	17.15	33.383	6.34	24.496	656.47	118.35
20.00	16.66	33.387	6.31	24.614	1151.97	146.18
25.00	16.46	33.358	6.24	24.632	344.84	79.98
ESTACION # 5						
1.00	17.45	33.353	6.26	24.481	0.00	0.00
10.00	17.18	33.482	6.29	24.522	1313.26	156.88
20.00	17.03	33.397	6.34	24.535	123.53	47.87
30.00	16.18	33.342	6.33	24.698	1588.28	167.26

22 de enero de 1987						
ESTACION # 1						
1.00	14.66	33.394	6.69	25.066	0.00	0.00
10.00	14.04	33.399	6.15	25.201	1462.51	164.71
ESTACION # 2						
1.00	14.47	33.388	6.44	25.102	0.00	0.00
10.00	14.35	33.390	6.51	25.129	292.40	73.66
10.00	14.27	33.379	6.40	25.137	101.47	43.38
ESTACION # 3						
1.00	14.58	33.386	6.48	25.077	0.00	0.00
10.00	14.44	33.391	6.50	25.111	365.11	82.30
20.00	14.35	33.389	6.39	25.120	170.75	56.20
ESTACION # 4						
1.00	14.72	33.406	6.41	25.062	0.00	0.00
10.00	14.46	33.370	6.42	25.090	290.60	74.42
20.00	14.14	33.368	6.39	25.156	643.08	109.21
25.00	13.91	33.380	5.96	25.219	1230.31	151.56
ESTACION # 5						
1.00	14.66	33.381	6.34	25.056	0.00	0.00
10.00	14.30	33.353	6.11	25.111	593.30	104.91
20.00	14.11	33.375	6.43	25.160	556.09	101.56
30.00	13.00	33.369	6.11	25.211	421.00	60.30

12 de febrero de 1987						
ESTACION # 1						
1.00	15.57	33.389	6.40	24.863	0.00	0.00
10.00	15.31	33.396	6.65	24.926	602.93	112.55
ESTACION # 2						
1.00	15.36	33.375	6.52	24.899	0.00	0.00
10.00	15.01	33.341	6.60	24.949	544.09	100.54
10.00	14.97	33.303	6.68	24.991	503.71	96.66
ESTACION # 3						
1.00	15.50	33.369	6.56	24.863	0.00	0.00
10.00	15.36	33.374	6.56	24.900	394.71	85.57
20.00	14.74	33.406	6.53	25.050	1544.86	169.20
ESTACION # 4						
1.00	15.74	33.375	6.44	24.815	0.00	0.00
10.00	15.20	33.373	6.46	24.933	1200.73	154.13
20.00	14.66	33.401	6.46	25.071	1353.00	150.47
25.00	14.43	33.392	6.25	25.113	020.11	123.34
ESTACION # 5						
1.00	15.64	33.391	6.40	24.849	0.00	0.00
10.00	15.06	33.355	6.50	24.949	1003.93	141.00
20.00	14.67	33.399	6.46	25.060	1155.66	146.41
30.00	14.53	33.406	6.39	25.103	344.94	79.99

4 de marzo de 1987						
ESTACION # 1						
1.00	15.17	33.273	6.60	24.862	0.00	0.00
10.00	14.03	33.372	6.77	25.012	1634.00	174.10
ESTACION # 2						
1.00	15.54	33.368	6.79	24.854	0.00	0.00
10.00	14.93	33.365	6.60	24.905	1426.16	162.65
20.00	14.74	33.363	6.65	25.025	384.86	04.49
ESTACION # 3						
1.00	15.26	33.367	6.65	24.915	0.00	0.00
10.00	14.00	33.374	6.65	25.003	956.83	133.23
20.00	14.56	33.375	6.56	25.073	670.01	112.15
ESTACION # 4						
1.00	15.02	33.366	6.69	24.967	0.00	0.00
10.00	14.73	33.365	6.65	25.020	671.14	111.50
20.00	14.67	33.377	6.70	25.051	216.57	63.30
25.00	14.56	33.376	6.44	25.073	443.67	90.72
ESTACION # 5						
1.00	15.02	33.304	6.61	24.901	0.00	0.00
10.00	14.61	33.365	6.69	25.054	790.35	121.69
20.00	14.54	33.357	6.63	25.063	65.06	39.72
30.00	13.63	33.406	5.69	25.291	2225.09	203.20

RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA CAMPANA DEL MES DE MARZO DE 1986

ESTACION 1				
FOSFATOS(PO4)	NITRATOS(NO3)	NITRITOS(NO2)	TRANSPARENCIA	
1.0	0.73	0.00	0.28	4.5
10.0	0.67	0.00	0.25	
ESTACION 2				
1.0	0.00	0.00	0.25	7.00
10.0	0.43	0.00	0.26	
20.0	0.26	0.00	0.96	
ESTACION 3				
1.0	0.57	14.36	0.25	8.5
10.0	0.92	0.00	0.28	
20.0	1.28	0.00	0.84	
ESTACION 4				
1.0	0.00	16.16	0.28	10.0
10.0	0.00	0.00	0.25	
20.0	1.42	0.00	0.72	
25.0	1.50	15.15	0.88	
ESTACION 5				
1.0	----	16.62	0.29	8.5
10.0	----	0.00	0.25	
20.0	----	0.00	0.65	
30.0	----	21.06	0.81	
35.0	----	20.32	0.78	

RESULTADOS DE LA CAMPANA DEL 10 DE MAYO DE 1986

LA CAMPANA DEL 10 DE MAYO DE 1986				
ESTACION 1	FOSFATOS(PO4)	NITRATOS(NO3)	NITRITOS(NO2)	TRANSPARENCIA
1.0	0.23	1.12	0.51	3.0
10.0	0.00	1.91	0.60	
ESTACION 2				
1.0	----	----	----	3.0
10.0	----	----	----	
20.0	----	----	----	
ESTACION 3				
1.0	0.00	0.00	0.36	4.0
10.0	0.00	0.00	0.34	
20.0	0.74	16.99	0.94	
ESTACION 4				
1.0	0.00	0.00	0.39	4.0
10.0	0.00	0.00	0.38	
20.0	0.56	15.70	0.69	
25.0	0.87	19.75	0.68	
ESTACION 5				
1.0	0.00	0.00	0.37	4.0
10.0	0.23	9.90	0.44	
20.0	0.32	13.09	0.70	
30.0	0.61	16.93	0.70	
35.0	1.17	20.76	----	

RESULTADOS DE LA CAMPANA DEL 16 DE JUNIO DE 1986.

LA CAMPAÑA DEL 18 DE JUNIO DE 1988.				
ESTACION 1	FOSFATOS(PO4)	NITRATOS(NO3)	NITRITOS(NO2)	TRANSPARENCIA
1.0	0.65	0.00	0.36	5.50
10.0	1.17	0.00	0.48	
ESTACION 2				
1.0	0.44	0.00	0.37	7.00
10.0	0.43	0.00	0.34	
20.0	1.14	0.00	0.48	
ESTACION 3				
1.0	1.16	0.00	0.38	7.00
10.0	0.40	0.00	0.35	
20.0	0.96	4.64	0.57	
ESTACION 4				
1.0	0.43	0.00	0.37	5.00
10.0	0.52	0.00	0.36	
20.0	1.05	6.18	0.68	
25.0	1.52	8.06	0.74	
ESTACION 5				
1.0	0.34	0.00	0.36	5.0
10.0	0.53	0.00	0.36	
20.0	1.24	12.84	0.72	
30.0	1.43	25.84	0.76	
35.0	1.06	31.87	0.74	

RESULTADOS DE LA CAMPANA DEL 8 DE JULIO DE 1986

ESTACION 1				
	FOSFATOS(PO4)	NITRATOS(NO3)	NITRITOS(NO2)	TRANSPARENCIA
1.0	0.00	0.00	0.53	4.0
10.0	0.00	0.00	0.49	
ESTACION 2				
1.0	0.00	0.00	0.46	8.0
10.0	0.00	0.00	0.43	
20.0	0.04	0.00	0.51	
ESTACION 3				
1.0	0.00	0.00	0.40	11.0
10.0	0.00	0.00	0.39	
20.0	0.27	4.59	0.62	
ESTACION 4				
1.0	0.00	0.00	0.39	12.0
10.0	0.00	0.00	0.33	
20.0	0.45	9.96	0.64	
25.0	1.26	14.93	0.90	
ESTACION 5				
1.0	0.00	0.00	0.29	11.0
10.0	0.00	0.00	0.25	
20.0	0.098	7.88	0.46	
30.0	0.65	15.96	0.67	

RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA CAMPAÑA DEL 10 DE SEPTIEMBRE.

ESTACION 1	FOSFATOS(PO4)	NITRATOS(NO3)	NITRITOS(NO2)	TRANSPARENCIA
1.0	0.30	0.29	0.30	2.0
10.0	0.35	1.71	0.53	
ESTACION 2				
1.0	0.31	0.00	0.37	3.0
10.0	0.34	0.28	0.44	
18.0	1.14	6.69	1.06	
ESTACION 3				
1.0	0.23	0.00	0.35	3.0
10.0	0.42	0.00	0.33	
20.0	1.24	14.41	1.43	
ESTACION 4				
1.0	0.35	0.00	0.39	2.5
10.0	0.45	0.00	0.33	
20.0	1.30	10.63	1.48	
25.0	1.48	14.17	0.82	
ESTACION 5				
1.0	0.00	0.00	0.44	12
10.0	0.49	0.46	0.36	
20.0	0.60	5.19	0.46	
30.0	1.26	11.79	0.47	
35.0	1.38	13.26	0.52	

RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA CAMPAÑA DEL 7 DE OCTUBRE

ESTACION 1	FOSFATOS(PO4)	NITRATOS(NO3)	NITRITOS(NO2)	TRANSPARENCIA
1.0	0.00	0.00	0.40	2.5
10.0	0.17	0.00	0.30	
ESTACION 2				
1.0	0.13	0.00	0.36	5.0
10.0	0.48	0.00	0.40	
20.0	0.56	0.00	0.50	
ESTACION 3				
1.0	0.00	0.00	0.41	4.3
10.0	0.16	2.40	0.45	
20.0	2.66	0.00	0.67	
ESTACION 4				
1.0	0.28	0.00	0.48	5.0
10.0	0.08	2.26	0.47	
20.0	0.68	5.22	0.68	
25.0	1.02	0.00	0.87	
ESTACION 5				
1.0	0.21	0.00	0.53	10.0
10.0	0.28	2.87	0.54	
20.0	0.67	4.68	0.70	
30.0	0.81	----	0.79	

Tabla III. Diferencias en densidad entre la superficie y 20 metros en la estación 3 del transecto en la Bahía de Todos Santos, B.C.

Prof. (m)	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
1-10	0.16	0.52	0.87	0.58	1.18	1.06	1.10	0.39	0.11	0.05	0.03	0.04
1-20	0.55	1.22	1.36	1.50	1.80	1.75	2.06	1.16	0.67	0.13	0.05	0.20

Tabla IV. Diferencias en densidad entre la superficie y 17 metros en Punta Loma, California, E.U.A.

Prof. (m)	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
1-17	0.15	0.48	0.81	0.83	1.70	0.65	0.53	0.34	0.21	0.34	0.02	0.23

Tabla VII. - Valores del porcentaje de saturación
de oxígeno disuelto en las estaciones
3, 4, y 5 a lo largo del ciclo anual

Meses		est. 3	est. 4	est. 5
Mar	1986	118	118	119
Abr	1986	123	122	121
May	1986	112	130	135
Jun	1986	130	135	137
Jul	1986	124	126	127
Ago	1986	124	129	128
Sep	1986	121	123	123
Oct	1986	123	122	117
Nov	1986	132	119	114
Dic	1986	115	115	114
Ene	1987	112	111	109
Feb	1987	115	114	114

Tabla VIII.- Cambios mensuales del coeficiente de extinción
en la estación 3 del transecto.

Meses	Profundidad de disco de Secchi (metros)	Coeficiente de extinción
marzo de 1986	6.5	0.270
abril de 1986	8.5	0.207
mayo de 1986	4.5	0.391
junio de 1986	7.0	0.251
julio de 1986	11.0	0.160
ago de 1986	6.0	0.293
sep. de 1986	3.0	0.586
oct. de 1986	4.5	0.390
nov. de 1986	6.5	0.270
dic. de 1986	18.5	0.095
enero de 1987	12.0	0.146
feb. de 1987	14.0	0.125
marzo de 1987	15.5	0.113

Tabla IX. Volúmenes de agua requeridos para la dilución de las aguas residuales en aguas de la bahía a lo largo del ciclo anual

Meses	Volúmenes de agua de mar requeridos para la dilución. (litros)
Marzo 1986	11274
Abril 1986	5345
Mayo 1986	5740
Junio 1986	4807
Julio 1986	4149
Agosto 1986	4722
Sept. 1986	4099
Octubre 1986	6135
Nov. 1986	11675
Dic. 1986	59538
Enero 1987	144739
Febrero 1987	33844
Marzo 1987	39071