

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

HIDROLOGIA COMPARATIVA EN LA BOCA DE DOS
SISTEMAS ANTUESTUARINOS DE BAJA CALIFORNIA
DURANTE OTOÑO E INVIERNO

TESIS

que para obtener el título de

OCEANOLOGO

Presenta

MANUEL SALVADOR GALINDO BECT

Ensenada, Baja Cfa. 1980

DEDICO ESTE TRABAJO A:

Mis padres

MANUEL GALINDO VELAZQUEZ

Y

EMILIA BECT DE GALINDO

Agradeciendo su cariño y amor
con el cual dejaron plasmado
el camino por el que debo conducirme
por los corredores del tiempo.

CON CARINO Y AMOR PARA MI ESPOSA

GLORIA HERNANDEZ

Quien como compañera del abrupto
camino ha sabido alentarme en
los instantes difíciles de la
vida, así como para la
realización del presente
trabajo.

CON CARINO A MIS HIJOS

CARLOS ALBERTO

Y

YADIRA DIRAY

Deseando que ellos sigan
por el largo camino del
conocimiento.

AGRADEZCO A:

Ph.D. Saul Alvarez Borrego por darme
la oportunidad de realizar este trabajo
dentro de sus programas de investigación
en el Centro de Investigación Científica
y Educación Superior de Ensenada (CICESE).

a mi comité de tesis:

M.C. Salvador Farreras Saens
Oc. Bernardo P. Flores Baez
Oc. Victor Qendrop Funes
Oc. Marcos Miranda Aguilar
Oc. Jesús Serrano Esquer
Oc. Jorge A. Rivera

Por sus sabios consejos y enseñanzas,
que fueron la base para la estructuración
del presente trabajo.

al grupo de investigación
LAGUNAS COSTERAS del CICESE por su
valiosa ayuda en los muestreos y
análisis de laboratorio. Así como
a las personas que de una u otra
forma participaron.

1 INTRODUCCION.

1.1 Antecedentes. -

Las lagunas costeras, esteros y estuarios son cuerpos de agua litoral semiprotegidos, de vital importancia desde el punto de vista biológico, ya que estos presentan una trampa nutricia, importante en el desarrollo de algunas especies de amplio espectro ecológico. Estas especies tienden a emigrar hacia estos sitios generalmente en las fases larvales, ya que les proporcionan protección y alimento. La fertilidad de estos cuerpos de agua es debida en gran parte a los pastos marinos que actúan como trampas nutricias, al intercambio de aguas de propiedades diferentes y en parte, a la reserva propia de las lagunas (Margalef, 1969). El desarrollo del conocimiento de estas áreas altamente productivas implica el tratar de preservarlas, con la finalidad de introducir en estos cuerpos de agua, organismos que localizados en los niveles tróficos iniciales consuman esta alta productividad, tales como estadios larvales y juveniles de crustáceos, moluscos y peces. El ecosistema de las lagunas se caracteriza mejor por su tipo de fluctuación o variabilidad que por valores que se puedan encontrar en algún momento o en algún lugar (Margalef 1969).

Los esfuerzos realizados para el conocimiento de estas lagunas costeras, se han llevado a cabo mediante objetivos a largo y corto plazo, por instituciones como el Instituto de Investigaciones Oceanológicas dependiente de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), y el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE). En virtud de lo anterior y dada la importancia de las lagunas costeras, en la Bahía de San Quintín y el Estero de Punta Banda, se han venido desarrollando desde hace algunos años estudios en diferentes áreas del conocimiento, como son Física, Química y Biología todos ellos tendientes a proporcionar una infraestructura científica que puede ser utilizada para el desarrollo de maricultivos (Acosta y Alvarez, 1974, 1977., Lara y Alvarez, 1975., Alvarez y Chee, 1976). La importancia que tiene el conocimiento de la hidrología de estos cuerpos de agua, se basa esencialmente en que las diferentes especies cultivables solo pueden desarrollarse de una manera óptima dentro de ciertos rangos de variación de los diferentes parámetros ecológicos, físicos y químicos. De acuerdo con los resultados de salinidad obtenidos por Chávez de Nishikawa y Alvarez B., (1974), en Bahía de San Quintín, descartan la posibilidad de cultivo de Crassostrea virginica y sugieren Ostrea edulis. Celiz Cecena y Alvarez Borrego, al estudiar la variabilidad que sufren algunos parámetros físicos y químicos en el Estero de Punta Banda, B.C., durante primavera y verano, concluyen que los rangos de variación de salinidad, temperatura, concentración de oxígeno disuelto y pH no son limitantes para el crecimiento de C. gigas,

O. lúrida y O. edulis. Además de que las temperaturas observadas en verano en la región mas interna del sistema parece ser adecuada para el desove natural de C. gigas y O. edulis.

Alvarez y Chee (1976) y Zertuche (1978), demostraron que la concentración de nutrientes en Bahía de San Quintín aumenta de la boca hacia el interior del sistema, lo cual contradice la creencia que se tenía de estos sistemas lagunares, en el sentido de que el contenido de nutrientes tendería a disminuir con respecto al océano abierto adyacente, especulado por Redfield, Ketchum y Richards (1963).

Para comprender mejor los procesos que afectan a las especies factibles de ser cultivables en las lagunas costeras, tales como la Bahía de San Quintín y el Estero de Punta Banda, se hace necesario conocer la dinámica de las mismas, la velocidad y dirección de las corrientes y su fluctuación en función del tiempo. Lo anterior dependerá de las mareas principalmente, la geometría de la laguna, su batimetría, los vientos y los efectos termohalinos de incremento en la temperatura y salinidad (Alvarez, Acosta y Lara, 1977).

1.2 Objetivo. -

En el presente trabajo se exponen y discuten los resultados de las mediciones de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, obtenidos durante otoño e invierno de 1975, en la boca de dos sistemas antiestuarinos, Bahía de San Quintín y Estero de Punta Banda, con el objeto primordial de conocer la hidrología de la boca de estos dos sistemas y los mecanismos de intercambio entre el interior y exterior y si es posible llegar a establecer características comunes que puedan ser extrapoladas a otros sistemas antiestuarinos de naturaleza similar.

1.3 Descripción del Area de estudio. -

La Bahía de San Quintín se encuentra localizada en la costa noroccidental de Baja California entre las latitudes $30^{\circ}24' N$ y $30^{\circ}30' N$ y entre las longitudes $115^{\circ}57' W$ y $116^{\circ}01' W$, aproximadamente a unos 200 Kms. al sur de Ensenada B.C. (fig. 1). Tiene un area de 11.7 millas náuticas cuadradas y se comunica con el mar abierto adyacente a través de una boca de poco mas de un kilómetro de ancho (Chávez de Nishikawa y Alvarez Borrego, 1974). Está dividida en dos brazos, uno hacia el lado oeste llamado Bahía Falsa y otro hacia el lado Este propiamente llamado Bahía San Quintín (Barnard, 1964). En lo sucesivo el nombre Bahía San Quintín se referirá a

las aguas provenientes de los dos brazos mencionados anteriormente. La mayor parte de la bahía es muy somera, con profundidades de tres metros, a excepción de los canales estrechos de hasta siete y quince metros de profundidad. Durante marea baja puede observarse una gran cantidad de Zostera s.p. y bajos en la mayor parte del sistema lagunar. Los sedimentos de la bahía son extraordinariamente variados, desde limos hasta arena gruesa (Gorsline y Stewart, 1962). En el mar abierto inmediatamente al sur de la entrada de la bahía ocurren surgencias intensas (Dawson, 1951), ocasionado esto por la dominancia de vientos fuertes del noroeste durante la mayor parte del tiempo (fig. 1).

La Bahía de Todos Santos se encuentra localizada entre las latitudes $31^{\circ}40'$ N y $31^{\circ}56'$ N y entre las longitudes $116^{\circ}36'$ W y $116^{\circ}50'$ W (fig.1). Es una bahía amplia y abierta al océano, con área aproximada de noventa millas cuadradas (Walton, 1955).

El Estero de Punta Banda es una laguna costera localizada a lo largo del margen sureste de la Bahía de Todos Santos (Acosta Ruiz y Alvarez B. 1974). Está separada de la Bahía por una barra arenosa de poco mas de 7 Kms. de longitud que parte desde la base de Punta Banda hacia el noroeste. Su interior se encuentra dividido por un canal angosto en forma de 'L', alcanzando una profundidad máxima de seis metros (O'Brien y Zeevaert, 1969). Al este del canal se extiende una marisma poco desarrollada cortada por canales sinuosos (Walton, 1955). Celiz Cecena (1975), menciona que la boca del estero varía en amplitud con respecto a la época del año debido al

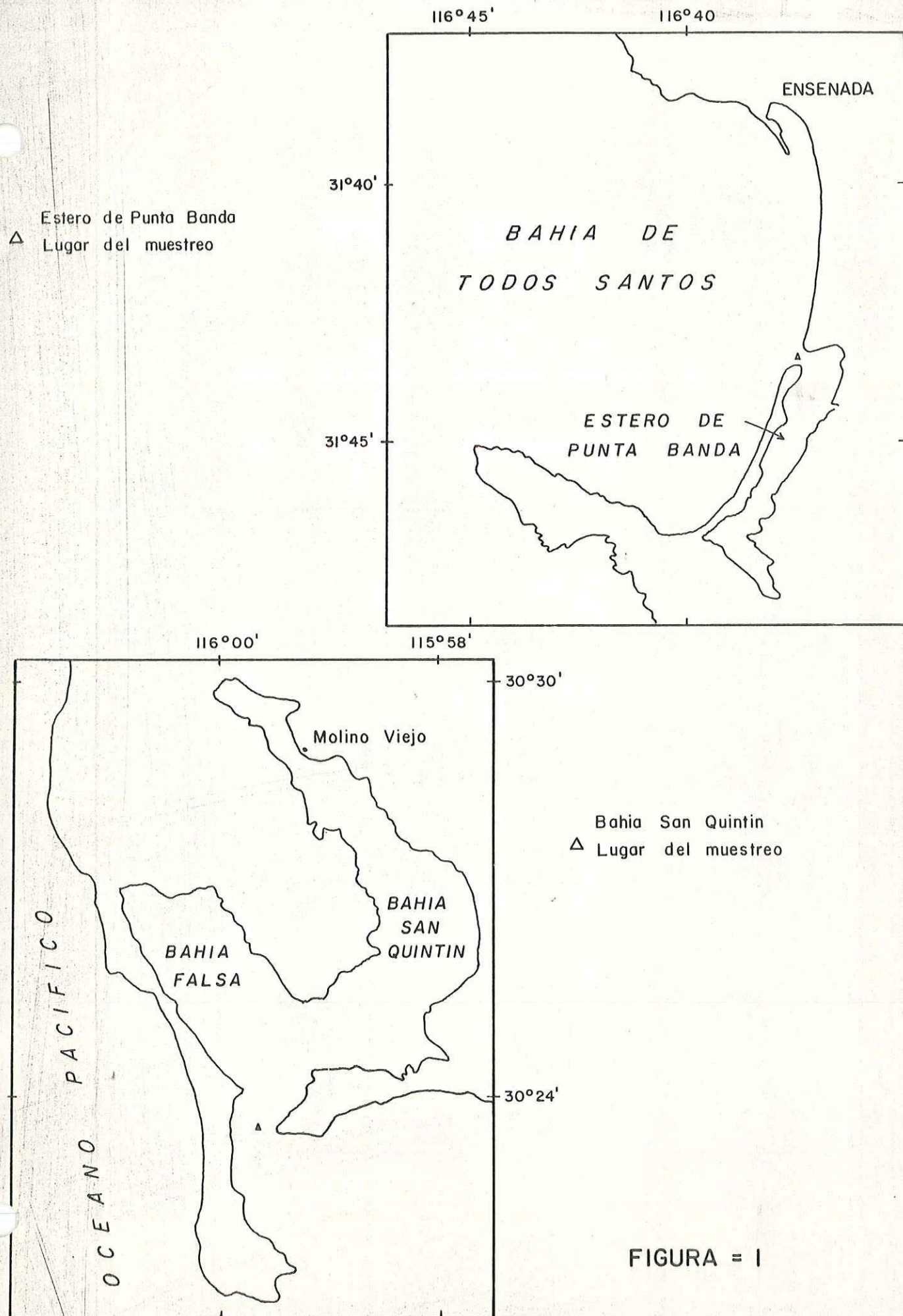


FIGURA = I

aumento o disminución de la cantidad de sedimentos depositados por el oleaje, en verano la anchura de la boca es de 200 mts. aproximadamente, siendo mayor en invierno. Benson (1959), menciona que el estero tiene dos millas de ancho, pero con excepción de algunos períodos con marea excesivamente alta, la zona con agua alcanza un máximo de un kilómetro de ancho. Fuera de la Bahía de Todos Santos, al suroeste de Punta Banda se encuentra una zona de surgencias (Chávez de Ochoa, 1975).

2 MATERIALES Y METODOS.

Se realizaron cuatro variaciones diurnas, dos en la boca de Bahía de San Quintín y dos en la boca del Estero de Punta Banda, que abarcaron dos estaciones del año (otoño e invierno). Los muestreos para Bahía de San Quintín se llevaron a cabo los días 26-27 de Noviembre de 1975 y 18-19 de Febrero de 1976. Para el Estero de Punta Banda se realizaron los días 17-18 de Diciembre de 1975 y 24-25 de Febrero de 1976. Se tomaron muestras de agua en la superficie y un metro arriba del fondo en la boca a cada hora y durante un período de 24 horas. Se utilizó la embarcación "Sirius" I de 32 pies de eslora con motor de 210 h.p. propiedad del CICESE. Estas mediciones las efectuó el grupo de investigación Lagunas Costeras del CICESE, en cooperación con investigadores y alumnos de la Escuela Superior de Ciencias Marinas.

Durante cada hora se determinó la temperatura del agua y se colectaron muestras para los análisis de salinidad y oxígeno disuelto, además se midieron las variables meteorológicas tales como temperatura y humedad ambiental, velocidad y dirección del viento y la estimación del porcentaje de cobertura.

Las determinaciones de temperatura del agua se hicieron "in-situ" con termómetros reversibles protegidos marca Kahlsico, con precisión de 0.02°C , colocados en botellas tipo Nansen recubiertas de teflón y la temperatura ambiental se midió con un

psicrómetro marca Káhlisico, con una precisión de 0.01°C . Las muestras de agua para el análisis de salinidad fueron colectadas en botellas de Citratro de Magnesio de 300 ml. con tapón de cerrado a presión y para su análisis se utilizó un salinómetro de inducción marca Beckman, modelo 118WA200 con una precisión de 0.003. Las muestras para la determinación del oxígeno disuelto fueron colectadas en botellas BOD con capacidad de 300 ml. y la concentración fue obtenida inmediatamente después del muestreo utilizando el metodo Macro-Winkler descrito por Strickland y Parsons (1966).

Además se calculó el porciento de saturación de oxígeno disuelto de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de saturación} = (O_2/O'_2) \times 100$$

Donde O_2 es el valor de la concentración medida de oxígeno disuelto y O'_2 es el valor de la solubilidad del oxígeno correspondiente a la temperatura y salinidad medidas, la solubilidad se calculó usando un nomograma en base a los datos de Green (1965). Para determinar la velocidad y dirección del viento se utilizó un anemómetro marca Káhlisico, modelo 03AM120.

3 RESULTADOS.

3.1 Temperatura.

En el muestreo de otoño en Bahía de San Quintín, el ciclo de variación diurna de la temperatura en general presento un comportamiento en relación inversa con respecto a la fluctuación de la marea predicha para la localidad, con los valores disminuyendo durante el flujo y aumentando en reflujo (figs. 2 y 14). Así mismo el rango de variación fue de 13.6 a 15.25°C, con un máximo superficial de 15.0°C a las 21:00 hrs. y 15.25°C en el fondo a las 22:00 hrs., la mínima de 13.6°C en la superficie y 14.0°C en el fondo a las 07:00 hrs. (fig. 2). Se observó una inversión en el gradiente de temperatura en la mayor parte del muestreo, con los valores mas altos en el fondo que en la superficie (fig. 2).

Al igual que la anterior estación del año en el muestreo de invierno para este mismo sistema, la temperatura se comportó en relación inversa respecto a la marea (figs. 4 y 16), con un rango de variación de 13.5 a 16.0°C., observándose ligeras inversiones en el gradiente, aunque no tan marcadas como en otoño. La temperatura máxima de superficie y fondo fue de 15.9°C.

C a las 18:00 hrs. y el valor mínimo de superficie y fondo fue de 14.0 y 13.6°C a las 24:00 y 21:00 hrs. respectivamente (fig. 4).

Para el muestreo de otoño en el Estero de Punta Banda el ciclo de variación diurna de la temperatura en general presentó un comportamiento en relación directa con respecto a la marea, con los valores aumentando durante el flujo y disminuyendo en reflujo (figs. 3 y 15), con un rango de variación de 12.4 a 13.6°C. La temperatura máxima de superficie y fondo fue de 13.6 y 13.55°C respectivamente observada a las 17:00 hrs., la mínima superficial de 12.4°C a las 02:00 hrs. y 12.7°C en el fondo a las 01:00 hrs. (fig. 3).

Para el muestreo de invierno realizado en el Estero de Punta Banda podemos decir que en general la temperatura presentó una gran homogeneidad en la columna de agua y un rango de variación de 10.4 a 15.0°C, observándose inversiones en el gradiente como el ocurrido de 05:00 a 07:00 y de 11:00 a 13:00 hrs. Se hace notar que durante la mayor parte del ciclo, los valores fluctuaron entre los 14.0 y 15.0°C, con excepción de un cambio brusco observado a las 02:00 hrs. en que la temperatura descendió hasta 10.4°C, (fig. 5).

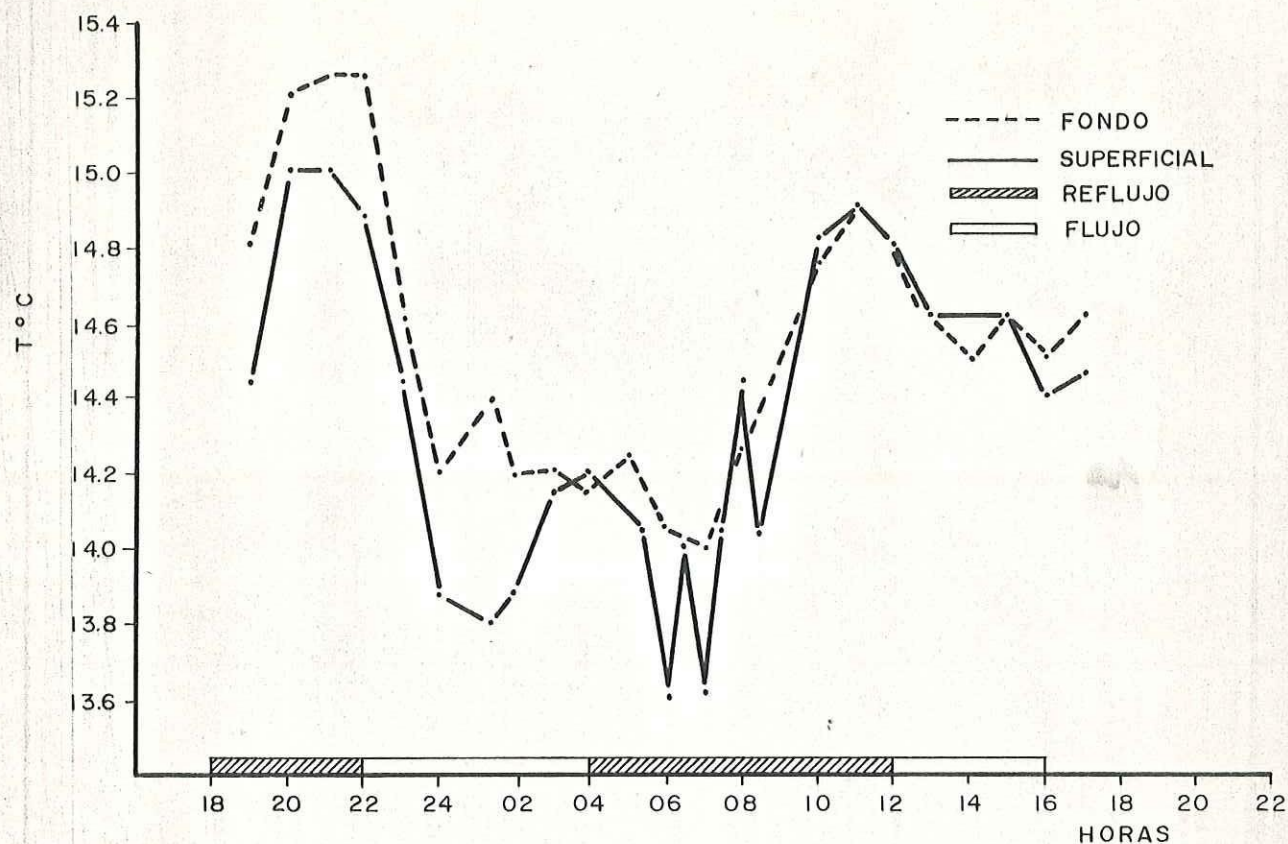


Fig - 2 VARIACION DE LA TEMPERATURA EN BAHIA DE SAN QUINTIN, B.C. DURANTE UN CICLO DIURNO EN OTOÑO (26-27 de Nov. 1975)

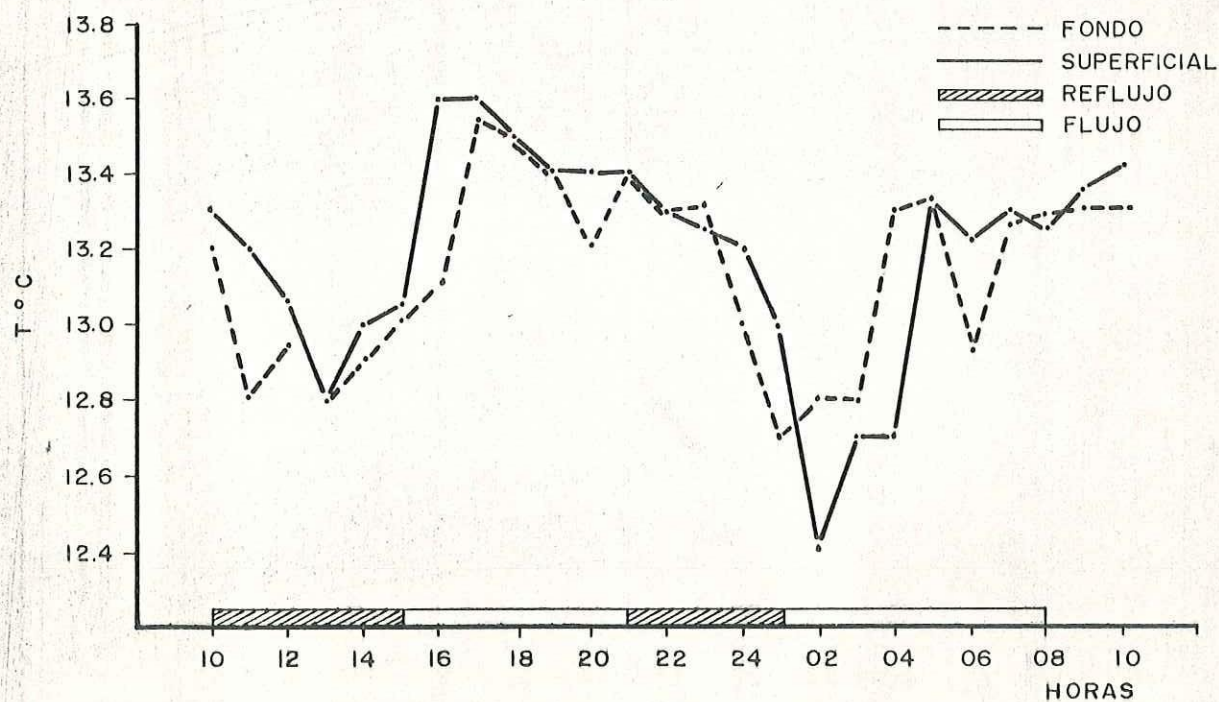


Fig - 3 VARIACION DE LA TEMPERATURA EN EL ESTERO DE PUNTA BANDA, B.C. DURANTE UN CICLO DIURNO EN OTOÑO (17-18 de Dic. 1975)

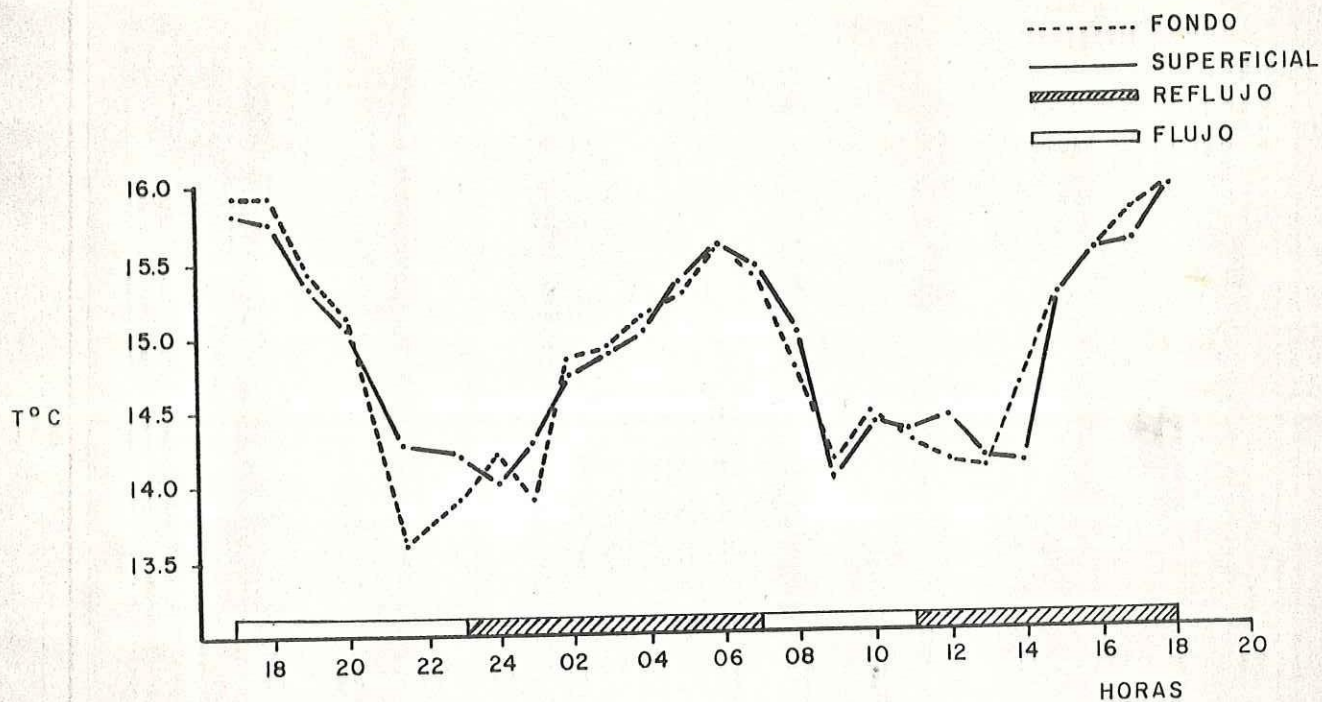


Fig - 4 VARIACION DE LA TEMPERATURA EN BAHIA DE SAN QUINTIN, B., C DURANTE UN CICLO DIURNO EN INVIERNO (18-19 DE Feb. 1975).

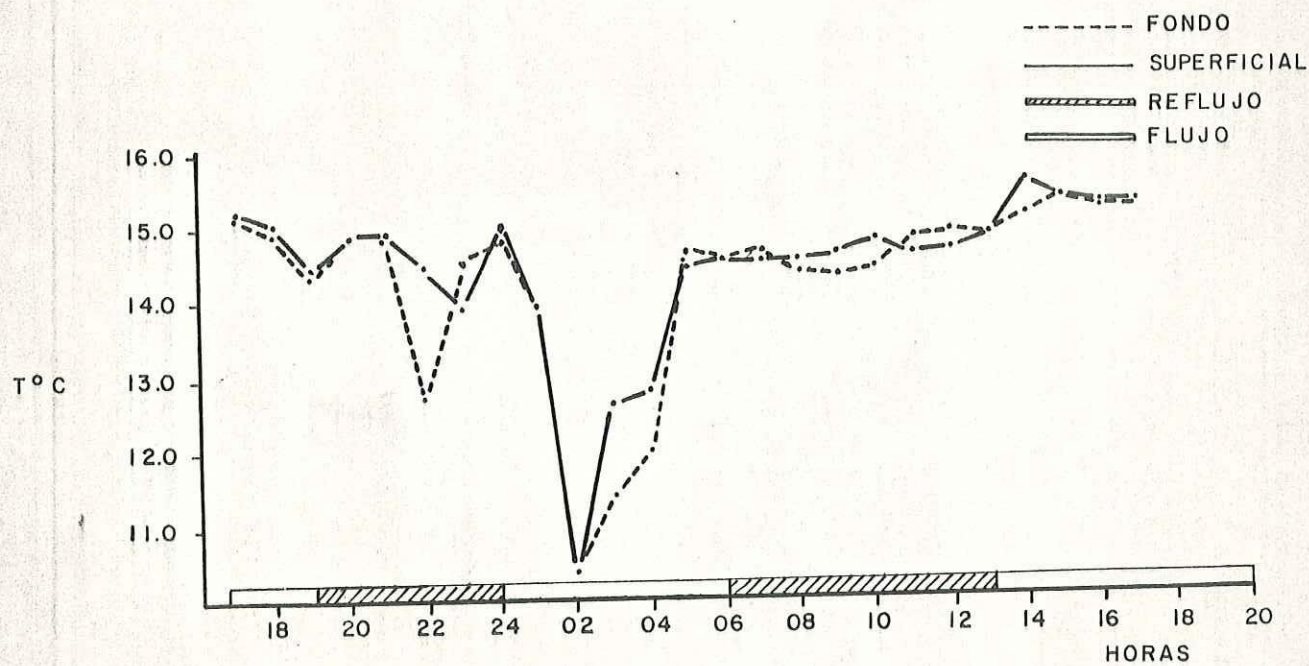


Fig - 5 VARIACION DE LA TEMPERATURA EN EL ESTERO DE PUNTA BANDA, B., C. DURANTE UN CICLO DIURNO EN INVIERNO (24-25 de Feb. 1975).

3.2 Salinidad.

En el muestreo de otoño en Bahía de San Quintín la salinidad presentó al igual que la temperatura una relación inversa con respecto a la marea además de un gradiente con los valores de fondo levemente mas altos que los superficiales durante la mayor parte del muestreo (figs. 6 y 14). Se observó una homogeneidad en la columna de agua con los valores máximos de superficie y fondo de 33.99 y 33.97 o/oo respectivamente, siendo estos a las 22:00 hrs. La salinidad mínima de 33.63 o/oo en la superficie y 33.60 o/oo en el fondo a las 16:00 hrs. (fig. 6).

En invierno para este mismo sistema la salinidad presentó una relación directa respecto a la marea (figs. 8 y 16), con los valores fluctuando en un rango de 33.30 a 33.80 o/oo notándose que durante la mayor parte del ciclo los valores de superficie y fondo se mantuvieron entre los 33.40 y 33.50 o/oo, con excepción de un cambio ocurrido en la superficie entre las 11:00 y las 13:00 hrs. con los valores aumentando hasta 33.76 o/oo (fig. 8).

El Estero de Punta Banda en otoño presentó un comportamiento irregular, con gran cantidad de cambios bruscos en la salinidad (fig. 7). El valor máximo de superficie y fondo es de 33.81 o/oo a las 15:00 hrs., el mínimo de 33.60 o/oo

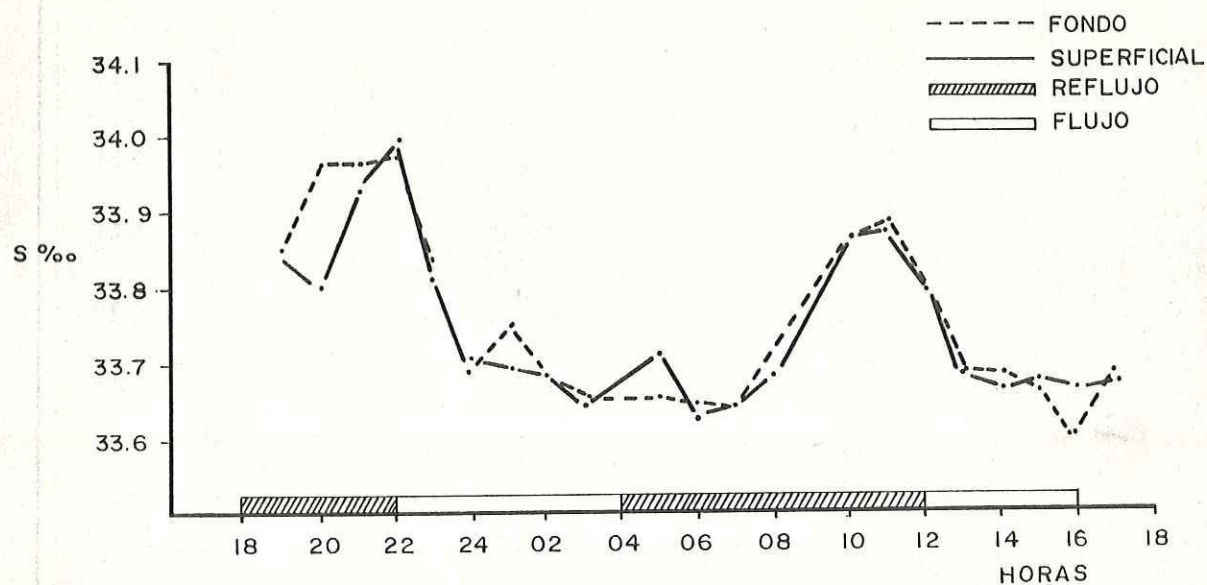


Fig - 6 VARIACION DE LA SALINIDAD EN BAHIA DE SAN QUINTIN, B.C. DURANTE UN CICLO DIURNO EN OTOÑO (26-27 de Nov. 1975)

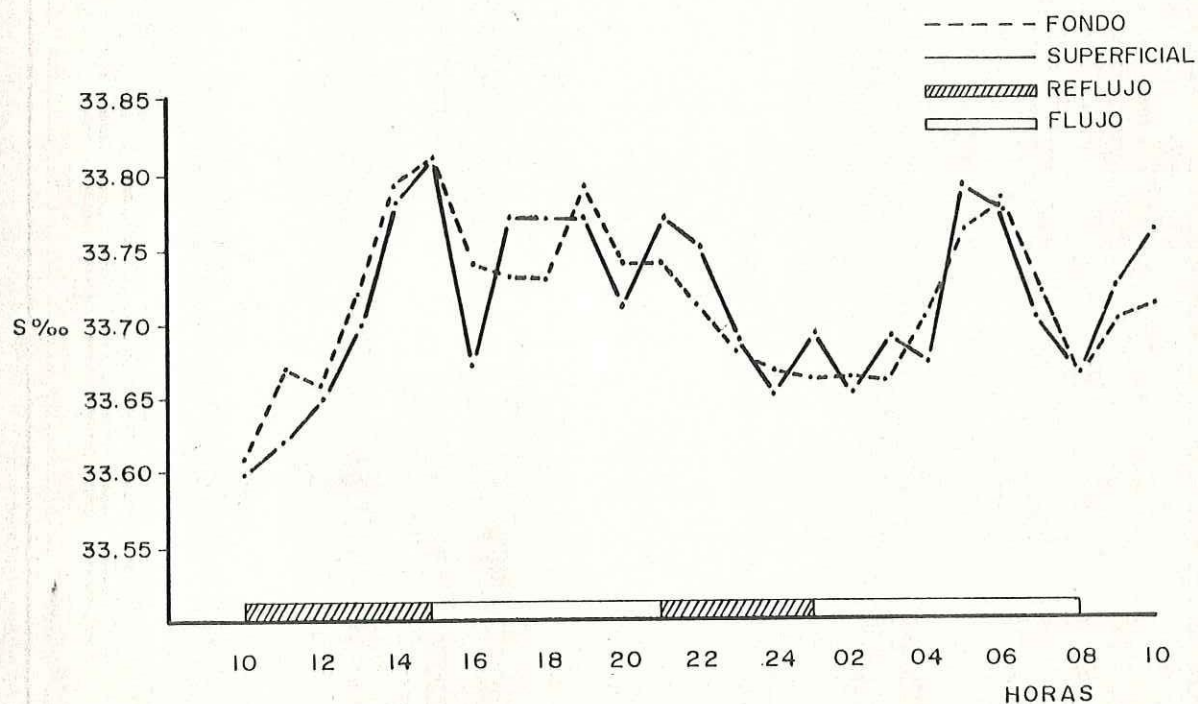


Fig - 7 VARIACION DE LA SALINIDAD EN EL ESTERO DE PUNTA BANDA, B.C. DURANTE UN CICLO DIURNO EN OTOÑO (17-18 de Dic. 1975)

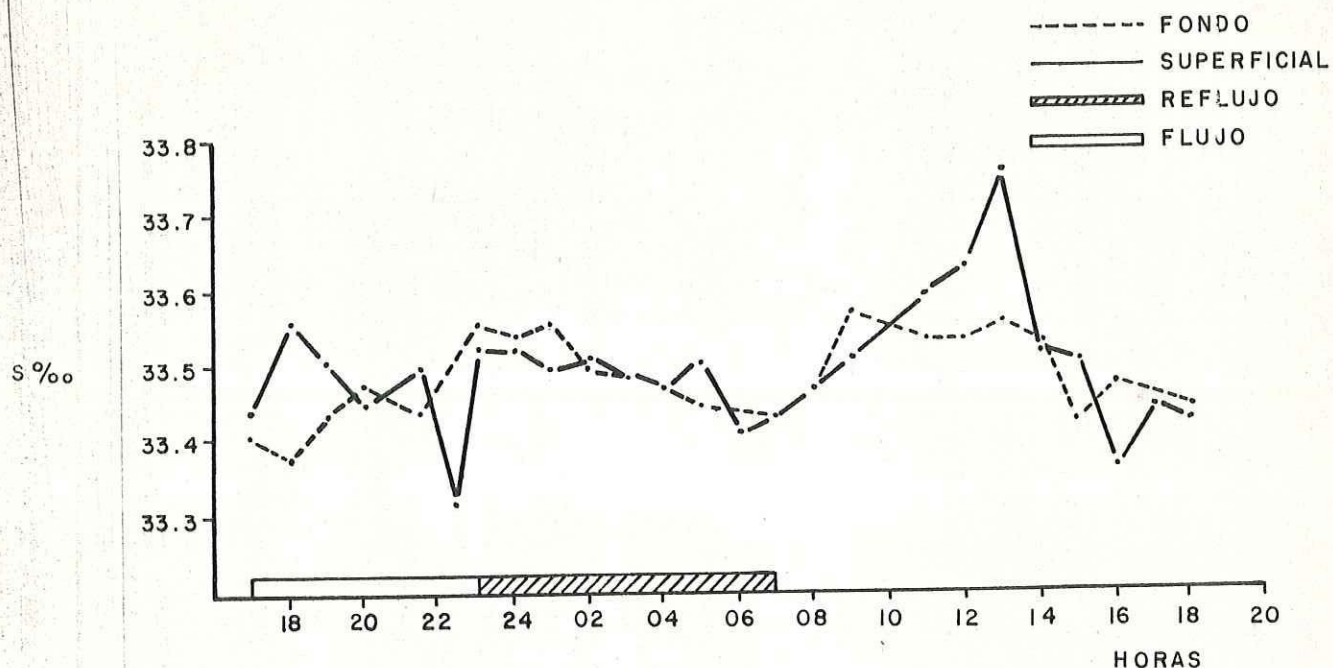


Fig - 8

VARIACION DE LA SALINIDAD EN BAHIA DE SAN QUINTIN
 B.,C. DURANTE UN CICLO DIURNO EN INVIERNO (18-19
 de Feb. 1976)

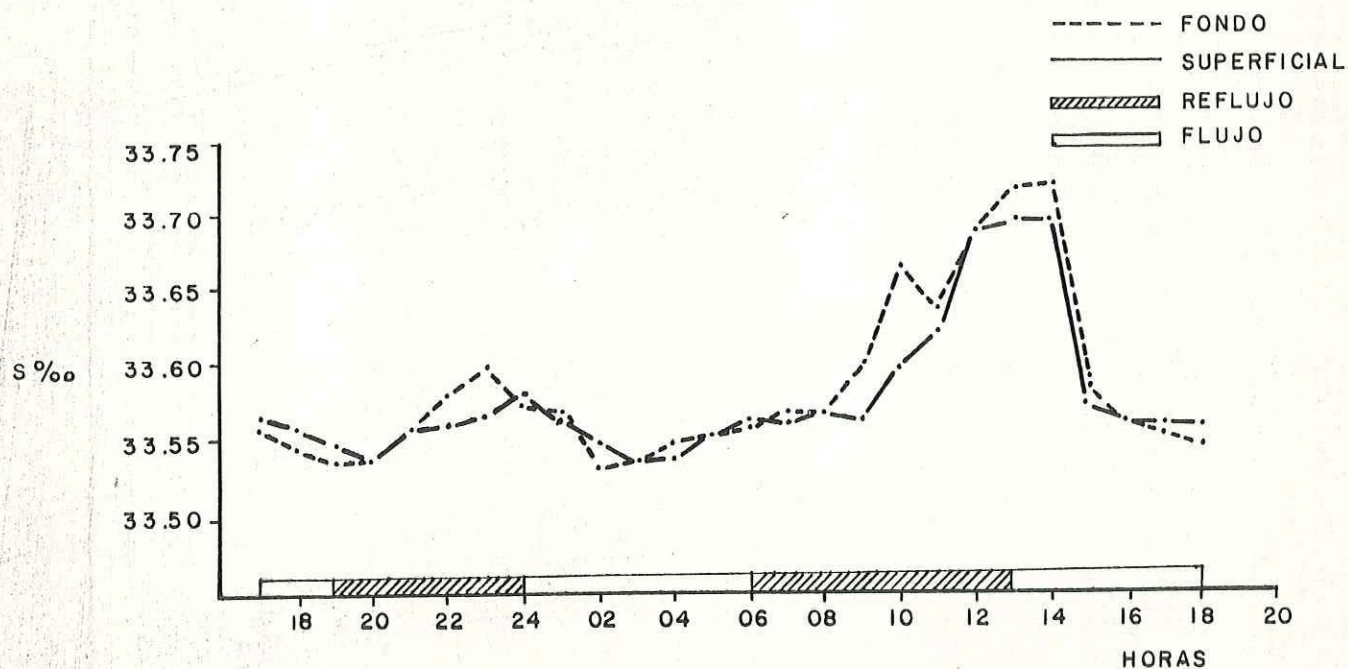


Fig - 9

VARIACION DE LA SALINIDAD EN EL ESTERO DE PUNTA
 BANDA B.,C. DURANTE UN CICLO DIURNO EN INVIERNO
 (24-25 de Feb. 1976)

en la superficie y 33.61 o/oo en el fondo a las 10:00 hrs. Contrario a lo sucedido en otoño, el Estero de Punta Banda en invierno por lo general presentó un comportamiento bastante homogéneo con relación inversa respecto a la marea (figs. 9 y 17), con un rango entre las 33.53 a 33.73 o/oo, observándose que en la mayor parte del ciclo la salinidad fluctuó entre las 33.55 y 33.60 o/oo, mientras que entre las 13:00 y las 14:00 hrs. los valores aumentaron hasta 33.70 o/oo en la superficie y 33.73 o/oo en el fondo (fig. 9).

3.3 Oxígeno.

En el muestreo de otoño en Bahía de San Quintín la concentración de oxígeno disuelto varió en un rango de 1.79 a 6.8 ml/l, con valor máximo de 6.73 ml/l en la superficie a las 16:00 hrs. y 6.65 ml/l en el fondo a las 20:00 hrs. (fig. 10). Se hace notar un cambio brusco en la concentración de oxígeno disuelto descendiendo hasta valores mínimos de 3.35 ml/l en la superficie y 1.79 ml/l en el fondo a las 17:00 hrs. (fig. 10)

En invierno para este mismo sistema, el oxígeno disuelto presentó un comportamiento periódico en relación inversa con respecto a la marea con valores disminuyendo cuando la marea está en flujo y aumentando en reflujo (figs. 12 y 16). Los

valores máximos de oxígeno disuelto en la superficie y en el fondo son de 6.79 y 6.75 ml/l respectivamente a las 17:00 hrs. y los mínimos de 5.50 ml/l en la superficie y 5.38 ml/l en el fondo a las 09:00 y 01:00 hrs. respectivamente (fig. 12).

La concentración de oxígeno disuelto para otoño en el el Estero de Punta Banda presento', al igual que la temperatura y salinidad, un comportamiento periódico en relación directa respecto a la marea, además de una gran cantidad de cambios bruscos a través de todo el muestreo y el gradiente invertido en la mayor parte del ciclo, con los valores de fondo mas altos que los superficiales (figs. 11 y 15). El valor máximo de oxígeno disuelto en superficie y fondo se presento' a las 21:00 hrs. presentando concentraciones de 6.94 y 6.96 ml/l respectivamente, el mínimo superficial a las 08:00 hrs., con un valor de 6.19 y 6.23 ml/l en el fondo a las 10:00 hrs. (fig. 11).

En invierno el Estero de Punta Banda presento' un comportamiento en relación directa con respecto a la marea y un rango de variación de 5.6 a 6.2 ml/l (figs. 13 y 17). El valor máximo de superficie y fondo fue de 6.15 y 6.19 ml/l respectivamente a las 17:00 hrs., y el mínimo de 5.59 ml/l a las 12:00 hrs. para los dos niveles (fig. 13).

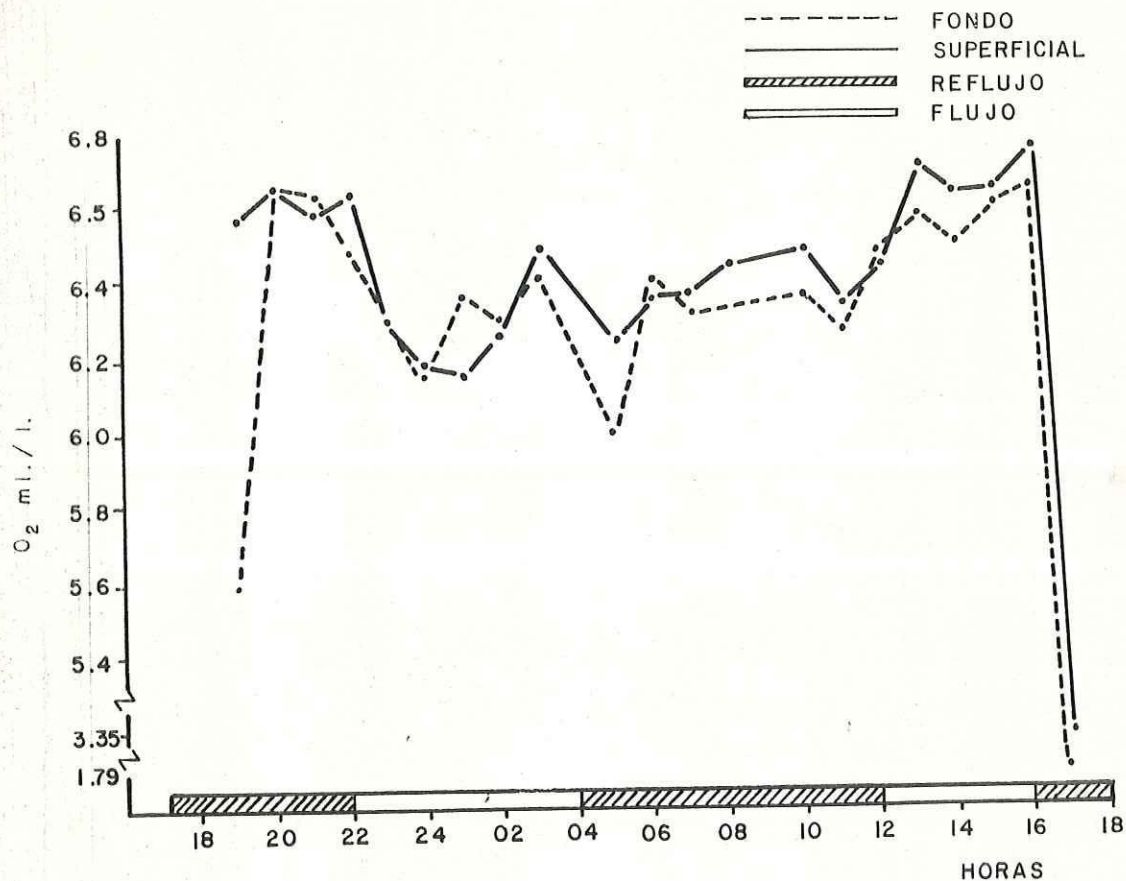


Fig - 10 VARIACION DEL OXIGENO DISUELTO EN BAHIA DE SAN QUINTIN, B., C. DURANTE UN CICLO DIURNO EN OTOÑO (26-27 de Nov. 1975).

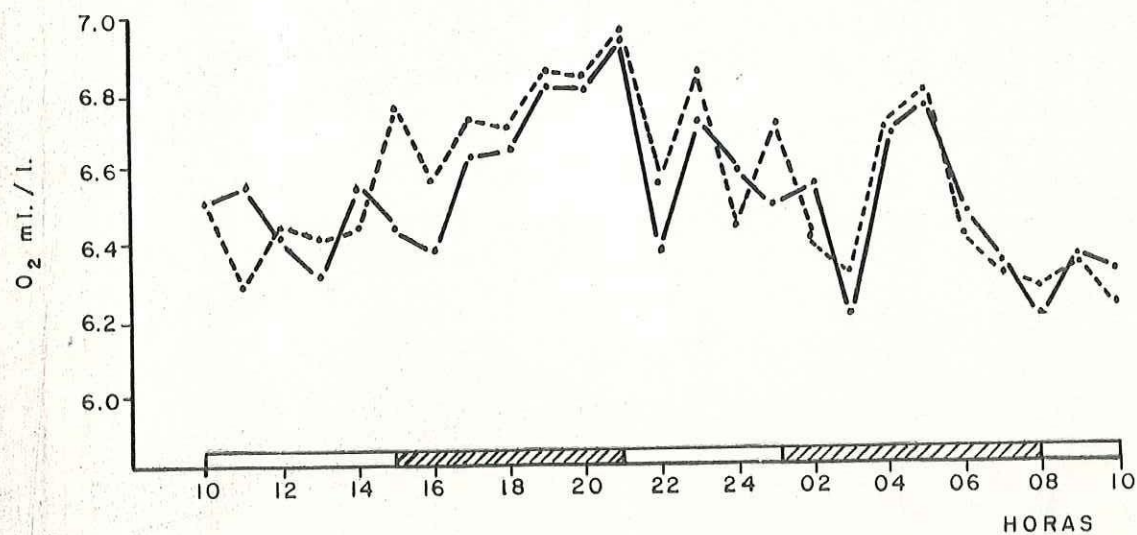


Fig - 11 VARIACION DEL OXIGENO DISUELTO EN ESTERO DE PUNTA BANDA, B., C DURANTE UN CICLO DIURNO EN OTOÑO (17-18 de Dic. 1976).

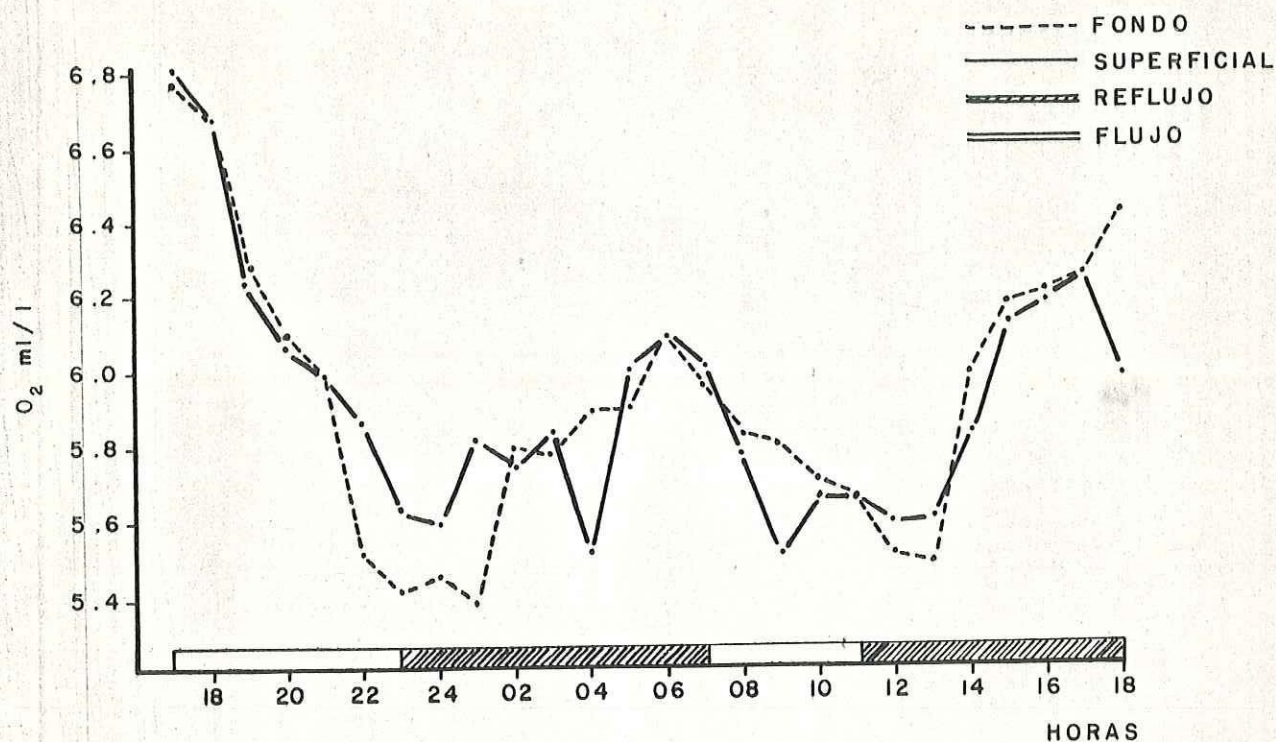


Fig - 12 VARIACION DEL OXIGENO DISUELTO EN BAHIA DE SAN QUINTIN, B., C. DURANTE UN CICLO DIURNO EN INVIERNO (18-19 de Dic. 1976).

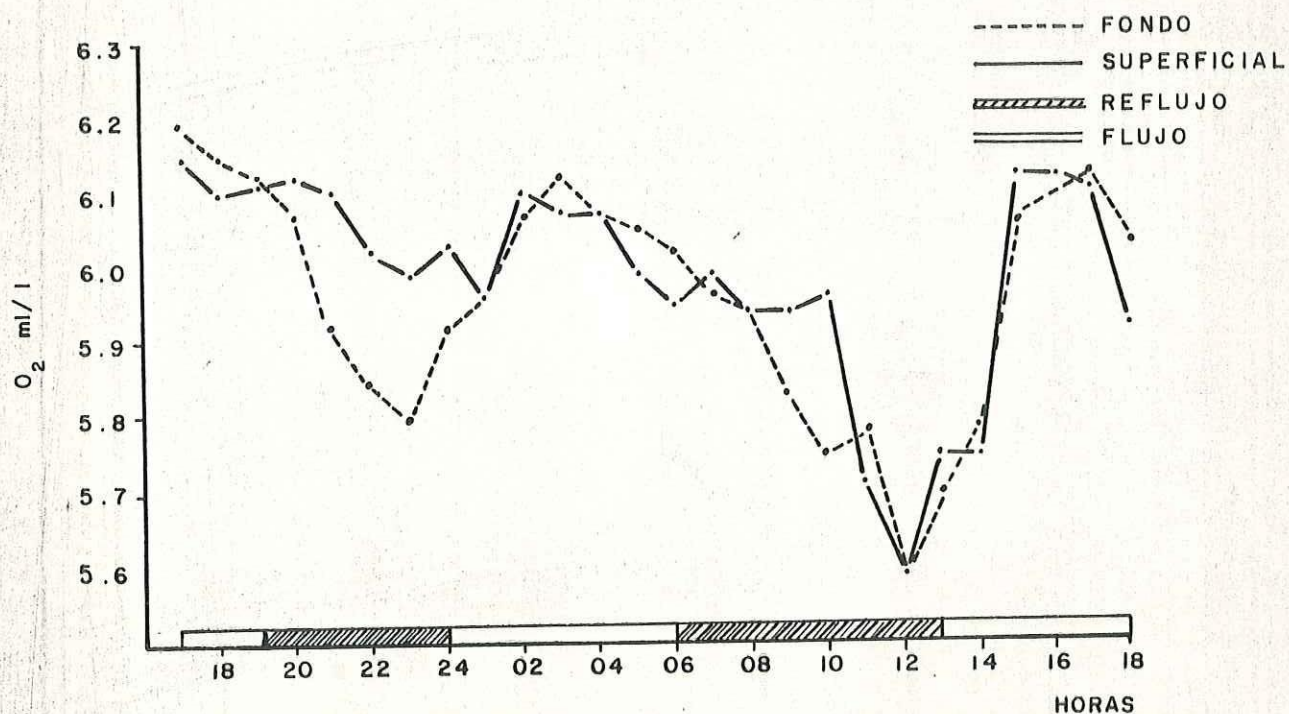


Fig - 13 VARIACION DEL OXIGENO DISUELTO EN ESTERO DE PUNTA BANDA, B., C DURANTE UN CICLO DIURNO EN INVIERNO (24-25 de Feb 1976).

3.4 Velocidad del Viento, Temperatura Ambiental y Marea.

La velocidad del viento en Bahía de San Quintín, tanto en otoño como en invierno, varió en un rango de 2.0 a 12.0 m/seg mientras que la temperatura ambiental varió entre los 13.0 y 16.0°C (figs. 18 y 20), haciéndose notar que los valores máximos para las dos observaciones se registraron entre las 13:00 y las 16:00 hrs.

El Estero de Punta Banda presentó durante las dos observaciones, que los vientos fueron de menor intensidad con respecto a los presentados en Bahía de San Quintín, lo que es razonable de esperar porque se trata de distintos días de observación. Además, ambos parámetros, viento y temperatura ambiental, muestran fluctuaciones periódicas de 12 hrs. (semidiurnas), normales en estos fenómenos meteorológicos. Haciéndose notar que en otoño el rango de variación fue de 0.0 a 3.0 m/seg y en invierno de 0.0 a 9.0 m/seg (figs. 19 y 21). La temperatura ambiental para otoño e invierno varió en un rango de 6.0 a 20.0°C., notándose que los valores mas altos se registraron a medio día durante la máxima irradiación solar (figs. 19 y 20).

Las curvas de marea presentadas en este trabajo, pertenecen a la marea predicha para la localidad ya que no se efectuaron mediciones directas. En otoño Bahía de San Quintín presentó un estado de mareas muertas, mientras el Estero de Punta Banda fue de mareas vivas (figs. 14 y 15). En invierno la marea se presentó de

una forma inversa a la estación del año anteriormente mencionada, con estado de marea viva en San Quintín y marea muerta en el Estero (figs. 16 y 17). Debido a que los muestreos para los dos sistemas no se hicieron de una forma simultanea, nos obliga a que tengamos que comparar los sistemas con diferentes estados de marea.

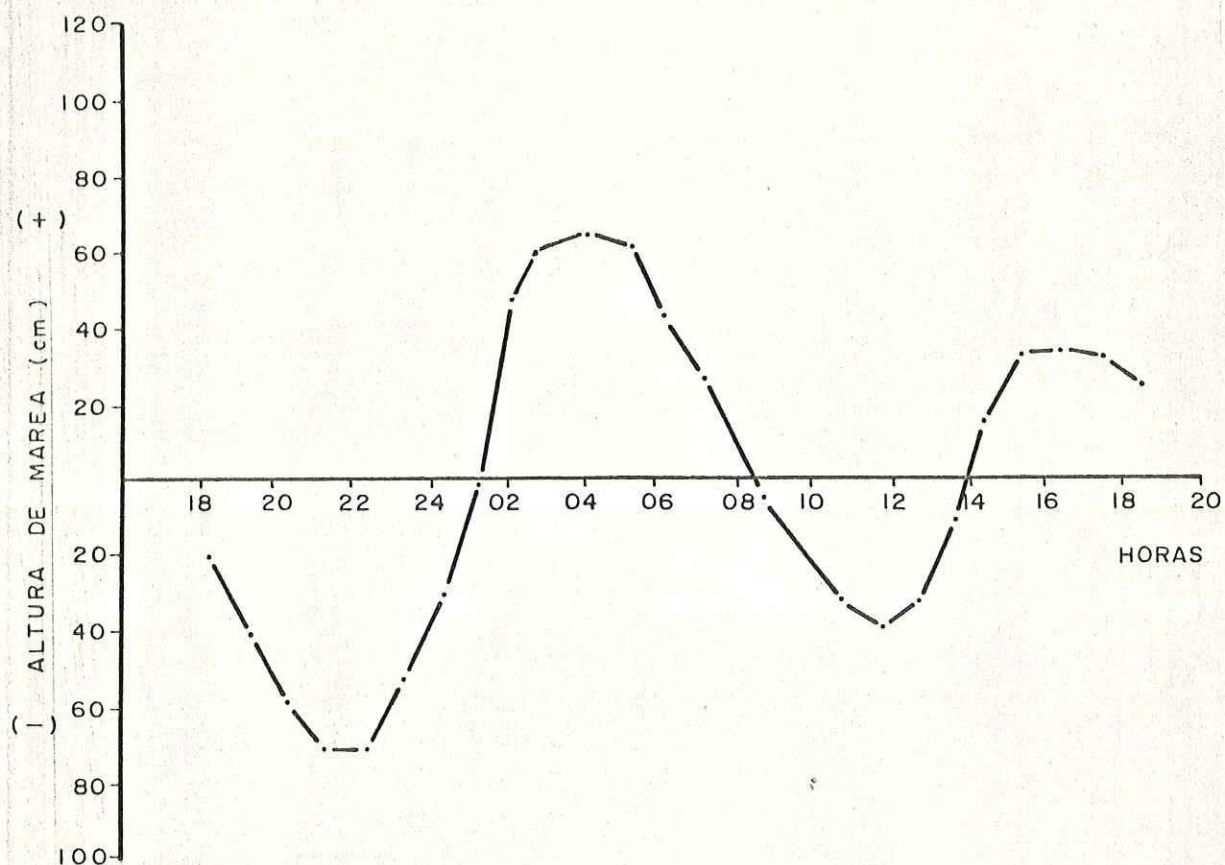


Fig - 14 ALTURA DE MAREA PREDICHA PARA BAHIA DE SAN QUINTIN, B.C.
EN OTOÑO (26 - 27 de Nov. 1975)

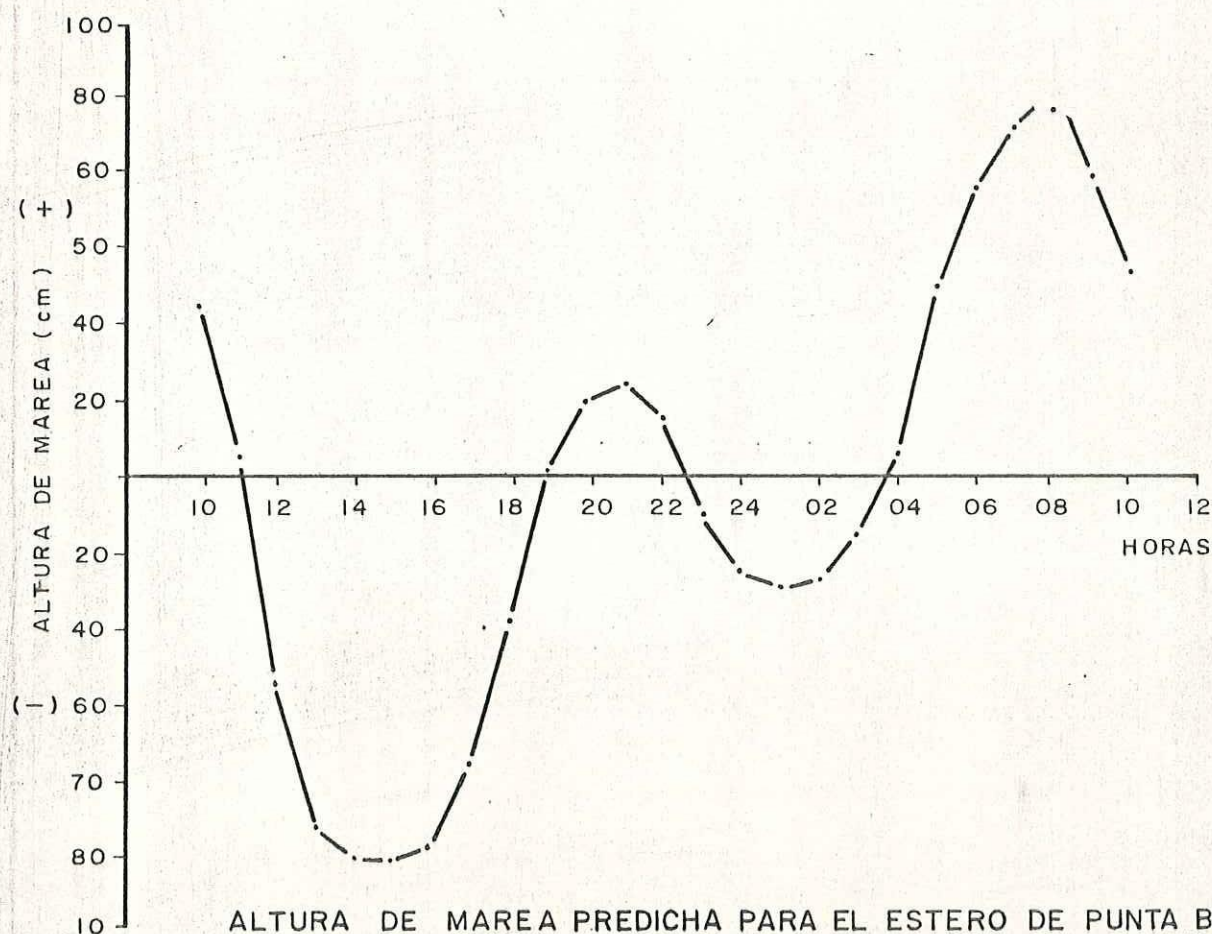


Fig - 15 ALTURA DE MAREA PREDICHA PARA EL ESTERO DE PUNTA BANDA, B.C.
EN OTOÑO (17 - 18 de Dic. 1975)

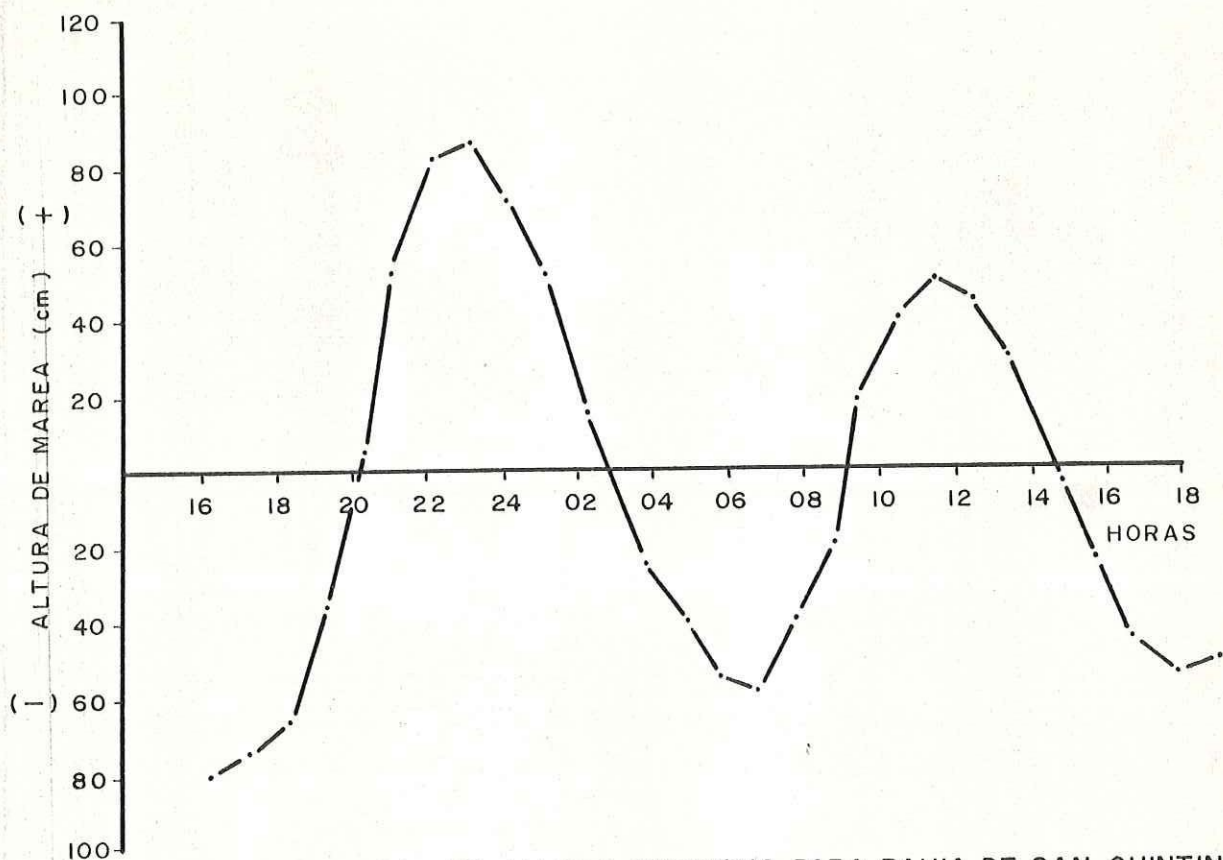


Fig - 16 ALTURA DE MAREA PREDICHA PARA BAHIA DE SAN QUINTIN, B.C.
EN INVIERNO (18 - 19 de Feb. 1976)

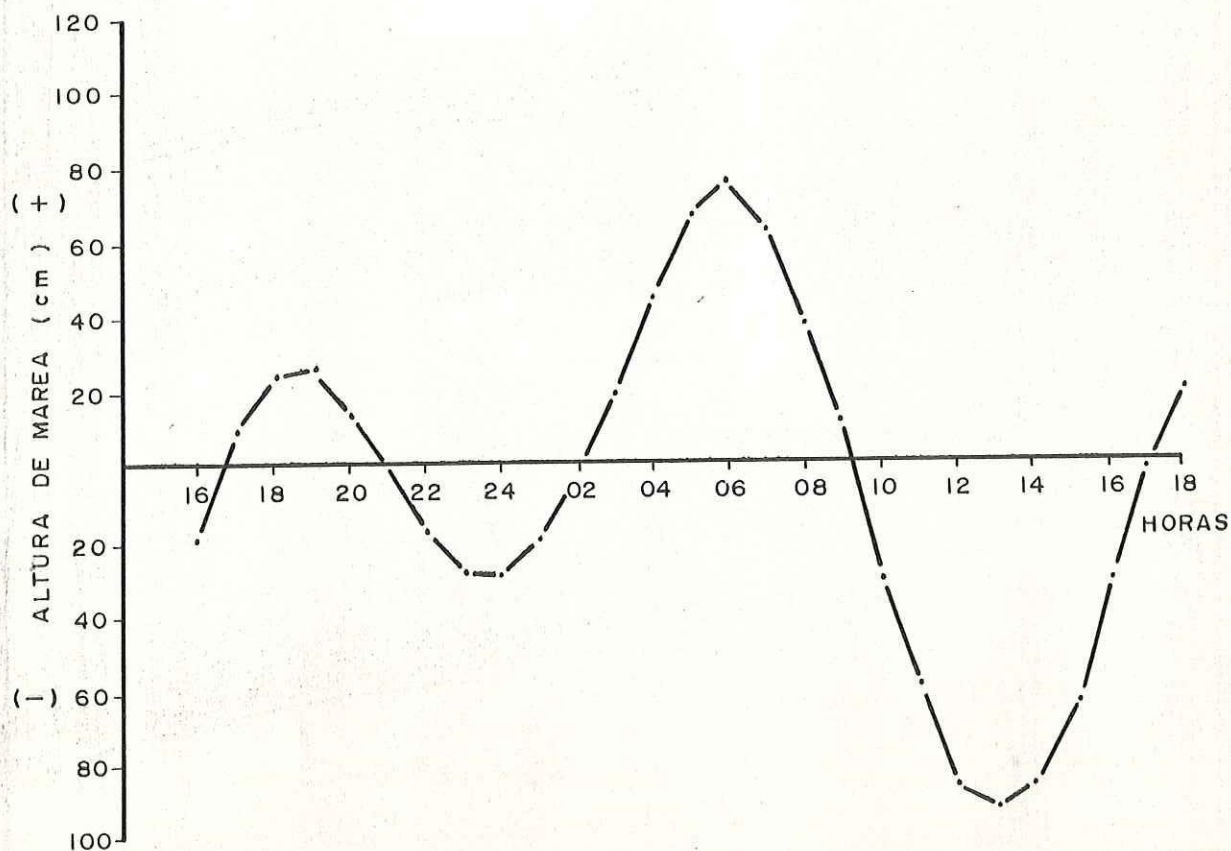


Fig - 17 ALTURA DE MAREA PREDICHA PARA EL ESTERO DE PUNTA BANDA, B.C.
EN INVIERNO (24 - 25 de Feb. 1976)

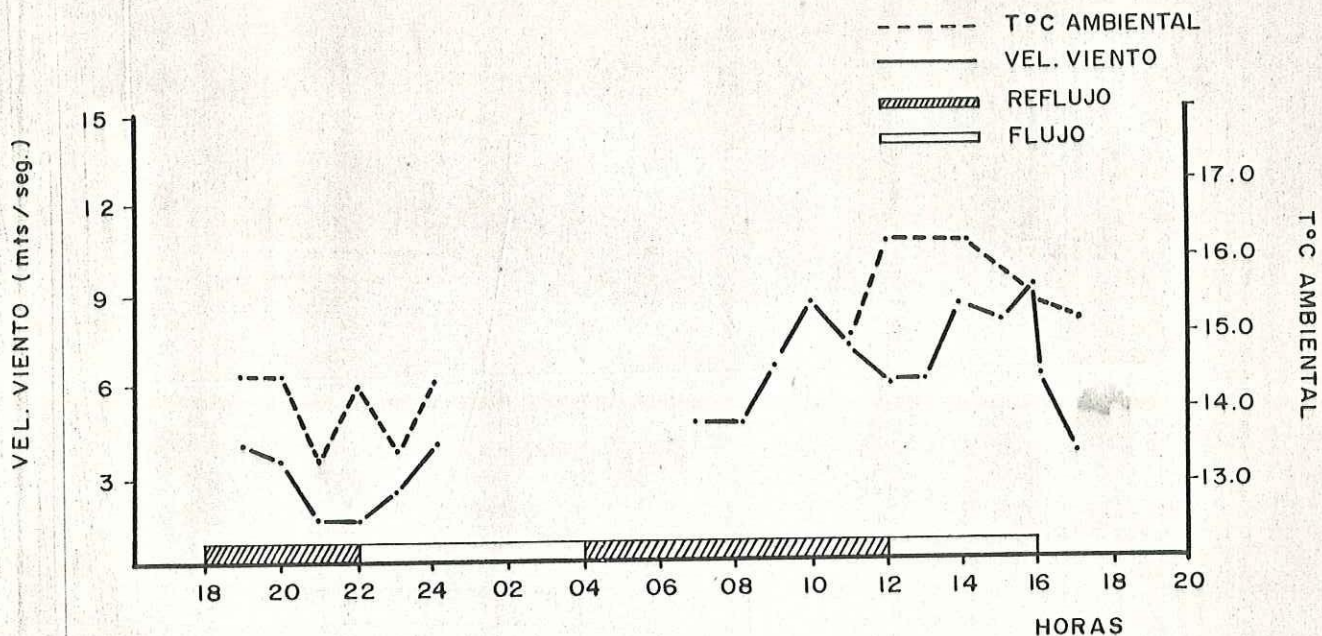


Fig - 18 VARIACION DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y VELOCIDAD DEL VIENTO EN BAHIA DE SAN QUINTIN, B. C. DURANTE UN CICLO DIURNO EN OTOÑO (26 - 27 de Nov. 1975).

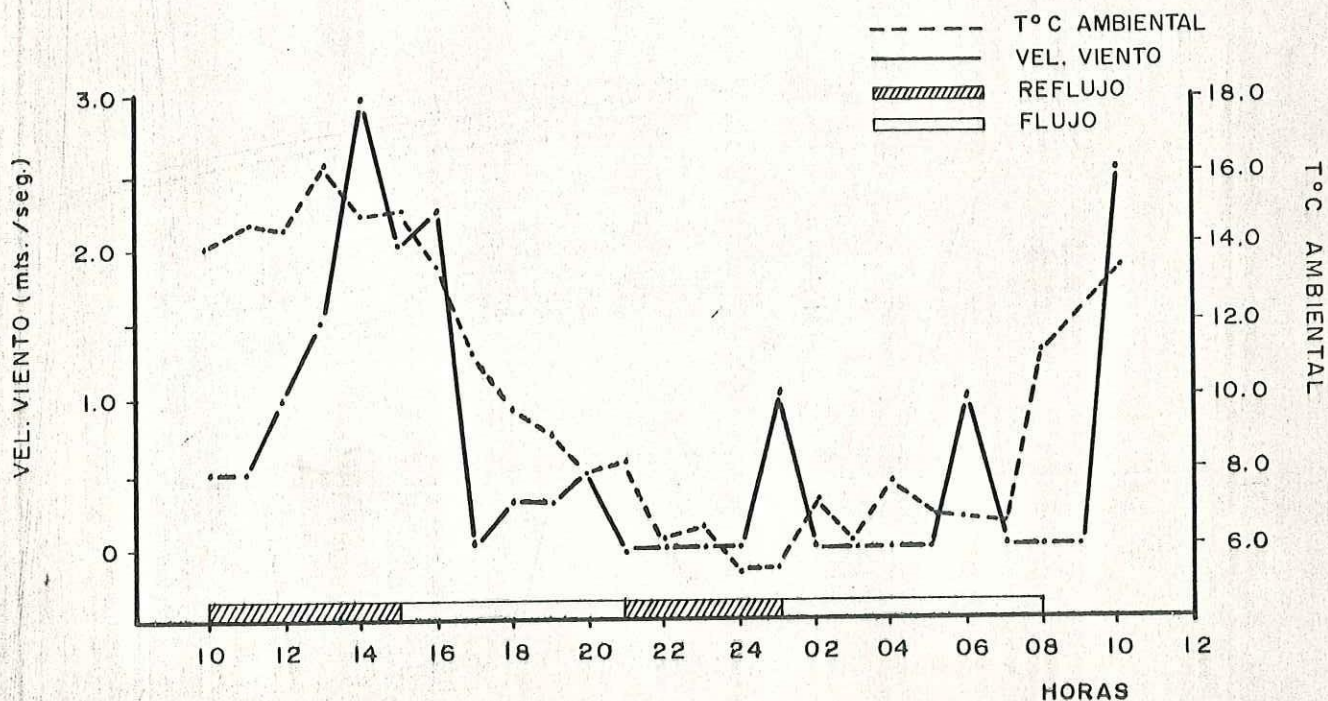


Fig - 19 VARIACION DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y VELOCIDAD DEL VIENTO EN EL ESTERO DE PUNTA BANDA, B. C. DURANTE UN CICLO DIURNO EN OTOÑO (17 - 18 de Dic. 1975)

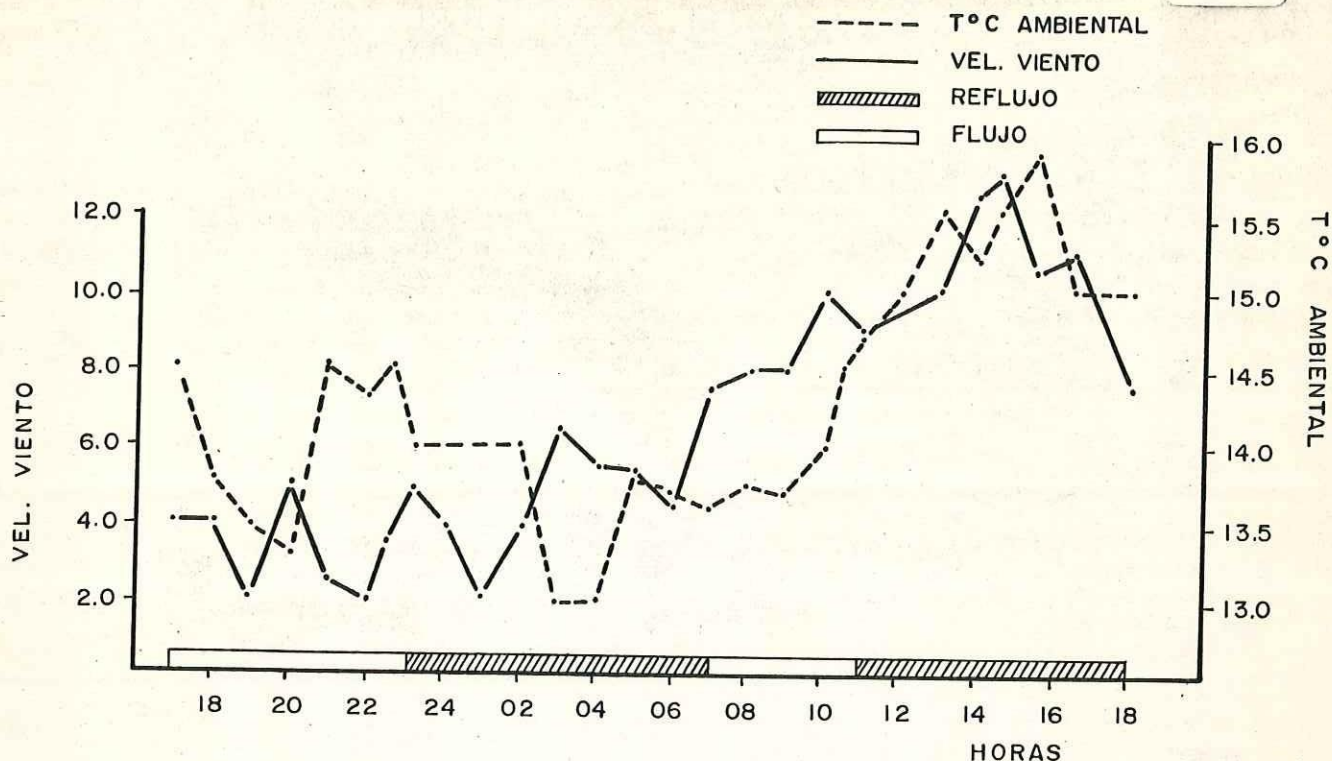


Fig - 20 VARIACION DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y VELOCIDAD DEL VIENTO EN BAHIA DE SAN QUINTIN, B.C. DURANTE UN CICLO DIURNO EN INVIERNO (18-19 de Dic. 1976)

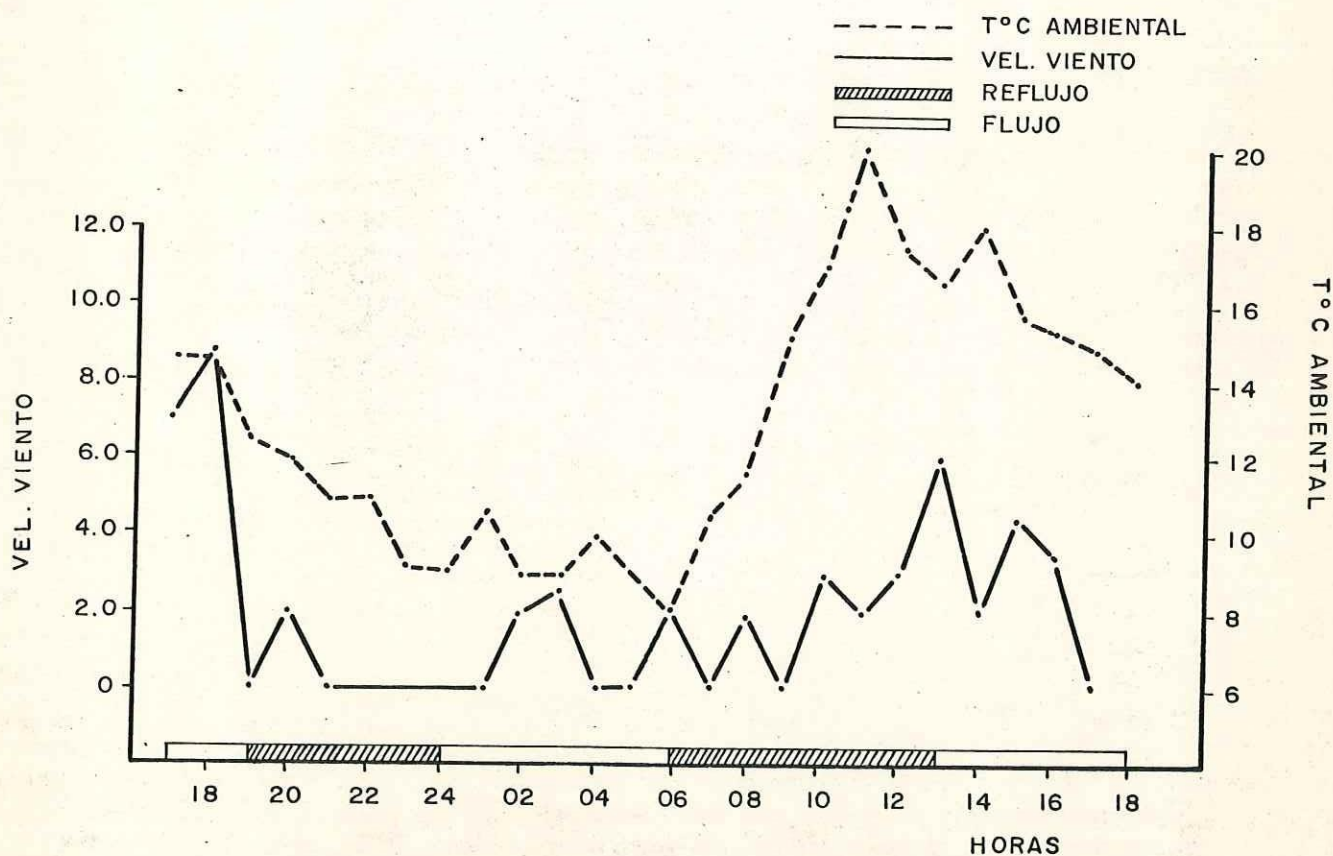


Fig - 21 VARIACION DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y VELOCIDAD DEL VIENTO EN EL ESTERO DE PUNTA BANDA, B.C. DURANTE UN CICLO DIURNO EN INVIERNO (24-25 de Feb. 1976)

4 DISCUSIONES.

Durante el presente estudio se hicieron observaciones de los parámetros físico-químicos tales como temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en el agua de mar para un ciclo de variación diurna, con el propósito de hacer una comparación entre la Bahía de San Quintín y el Estero de Punta Banda en otoño e invierno en un período corto. La representatividad de los resultados es muy limitada, ya que las mediciones se hicieron durante un día de cada estación del año y como es sabido puede haber fluctuaciones de un día a otro de acuerdo a los estados de la marea y a las condiciones meteorológicas.

Los resultados presentados en el presente trabajo se refieren únicamente a la hidrología en la boca de los dos cuerpos de agua, pudiendo explicarse algunos procesos de intercambio entre el interior y exterior, como lo hace notar la fuerte dependencia de las fluctuaciones en las variables estudiadas, con las variaciones de marea.

La importancia de conocer la distribución de la temperatura y la salinidad en función del tiempo y el espacio en estos cuerpos de agua, radica esencialmente en que estos dos parámetros son limitantes desde el punto de vista biológico para el crecimiento o supervivencia de las especies factibles de cultivar. La conducta de la temperatura se encuentra gobernada esencialmente por la

radiación solar que incide sobre la capa superficial del agua, mientras que la conducta de la salinidad se debe a la evaporación o precipitación de agua al sistema. La evaporación se obtiene por medio de la formula descrita por la USGS (1942):

$$E = V \text{ viento } (P_v \text{ del agua} - P_v \text{ atmósfera})$$

donde:

V= velocidad

P_v = Presión de vapor.

La diferencia de presiones de vapor se encuentra en función de la humedad del aire y de la diferencia entre la temperatura del aire y el agua. Mientras que la precipitación está basada esencialmente en el volumen de agua aportado al sistema por rios y lluvias.

En base a lo anterior, la circulación termohalina en este tipo de lagunas costeras se encuentra afectada primordialmente por procesos de evaporación y calentamiento, de tal forma que si las diferencias de temperatura entre la laguna y el mar abierto son suficientemente pequeñas, las diferencias de salinidad dominarán la circulación por densidad, dando lugar a que las aguas de la laguna se hundan fluyendo por el fondo durante el reflujo, mientras que durante el flujo estas fluirán por la capa superficial. Por otro lado, si la salinidad en cualquier lugar de la laguna fuese mas baja que en el mar abierto y el proceso de calentamiento fuese dominante sobre el proceso de evaporación, entonces las aguas de la laguna serían menos densas y fluirían por la capa superficial

durante el reflujo, mientras el agua del mar abierto entraría a la laguna fluyendo por el fondo durante el flujo.

Los resultados obtenidos en Bahía de San Quintín en otoño e invierno, presentaron en algunas ocasiones cambios en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto durante un ciclo de variación diurna, ocasionado posiblemente a condiciones de surgencias cercanas a la boca de la bahía encontradas por Dawson (1951), a condiciones turbulentas propias de la boca y aguas de diferentes propiedades provenientes del interior del sistema durante los dos muestreos, ya que dichos cambios fueron detectados en el reflujo, cuando las corrientes son muy débiles. Aunque no se tienen datos sobre la intensidad y dirección de las corrientes, esto es inferido de acuerdo a la curva de marea que según ya se ha mostrado (Pritchard 1978, Del Valle 1979), corresponde aproximadamente a ondas estacionarias en ambas lagunas, con un desfase de $90^{\circ} + 20$ min. entre máximas de corriente y de altura del agua. Debe notarse sin embargo, que las mediciones corresponden a un solo día y que las condiciones de surgencias no son permanentes y prevalecen en verano.

Los altos valores de temperatura y salinidad detectados en el reflujo de la marea para este mismo sistema, nos demuestra que estos tienden a incrementar de la boca hacia la cabeza de la laguna como lo encontrado por Chávez de Nishikawa y Alvarez Borrego (1974). Los pequeños incrementos de temperatura y salinidad en la región interna con vientos débiles, pueden invertir el gradiente de

temperatura como lo encontrado por Postma (1965), al estudiar la circulación de las aguas de Guerrero Negro y Alvarez, Acosta y Lara (1977) en Bahía de San Quintín, esperandose que si la estratificación es desarrollada, las aguas con mayor temperatura y salinidad se encontraran cerca del fondo, de tal manera que durante el reflujo se observara un transporte de agua mas densa a lo largo del fondo del canal hacia el mar abierto (Pritchard et.al 1978 y De la Paz 1978). Sin embargo, esto es claramente marcado en el muestro de otoño, donde evidentemente el agua en el interior de la bahía ha sufrido un incremento en su salinidad causando que esta prevalezca sobre la temperatura, mas no así en invierno, donde la inversión del gradiente de temperatura es contrabalanceada por la poca evaporación debida posiblemente a condiciones de humedad ambiental, y precipitaciones, lo que hace que tal estratificación inversa sea facilmente deshecha por las corrientes, pudiendo incluso ocurrir homogeneidad vertical, Postma (1965), encontro que las diferencias de densidad entre la baja y la alta marea fueron muy pequeñas (menores de 0.001), pero aún así existen de hecho.

Dawson E. Y., (1951), identificó el area de Punta San Quintín como una región de continua e intensa surgencia, que influencía fuertemente la boca de la bahía en estudio, esto explicaría los resultados de las variaciones de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto obtenidos en el ciclo de variación diurna de otoño e invierno, registrándose baja temperatura con baja concentración de oxígeno disuelto durante el flujo de la marea y viceversa. Durante este período la bahía aporta oxígeno al océano adyacente, ya que en

la evaluación de los factores que actúan en las lagunas costeras regulando su composición, no se puede olvidar la densidad a veces muy grande de la vegetación de fanerógamas y fitoplancton que influyen sobre la concentración del oxígeno disuelto y el pH. Los valores mínimos observados en el oxígeno disuelto durante el período de otoño fueron debidos posiblemente a condiciones anóxicas existentes en el interior de la bahía, ya que estos valores fueron registrados durante el reflujo de la marea.

El Estero de Punta Banda en los muestreos de otoño e invierno, presentó una relación estrecha en las variaciones de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y la marea en función del tiempo, de tal forma que en otoño durante el reflujo se registraron las aguas con menor temperatura, ocasionadas posiblemente por la temperatura ambiental que influencía la capa superficial del agua, enfriandola facilmente debido a lo somero del area y al efecto de evaporación cuando el calentamiento solar es escaso. Los valores máximos y mínimos de temperatura presentaron un comportamiento similar con respecto a los de salinidad.

El aumento en la concentración de oxígeno disuelto durante el flujo de la marea es producido posiblemente por el intenso oleaje que comunmente se presenta en la boca del estero, mientras que en el reflujo, se observó un descenso en los valores, debido probablemente a procesos de oxidación y respiración ocurridos durante la permanencia de las aguas en el interior del sistema.

En el muestreo de invierno en este mismo sistema, las temperaturas en general tendieron a disminuir durante la noche y aumentar durante el día, haciéndose evidente un cambio brusco ocurrido a las dos de la mañana, debido posiblemente a una corriente paralela a la costa con dirección norte, detectada por Cabrera (1977) y Contreras (1973). Alvarez, Acosta y Lara, (1977), mencionan que esta corriente provoca el desplazamiento del agua que sale del estero, de tal manera que al comenzar a subir la marea entra agua ''nueva'' no mezclada, y se registra en la boca una súbita disminución de temperatura y salinidad. Morales Zúñiga C. (1977), al estudiar las variaciones estacionales de la temperatura en la Bahía de Todos Santos, B.C., observó que en el mes de febrero se registraron las temperaturas superficiales mas bajas del año. Argote Espinoza (mencionada por el autor anterior), observó tambien las temperaturas mínimas superficiales durante este mes.

Al igual que en el muestreo de otoño, en invierno el Estero de Punta Banda presentó un aumento en la concentración de oxígeno disuelto durante el flujo de la marea y un descenso en el reflujo, denotando las condiciones externas e internas al sistema.

En otoño se observó que las bajas temperaturas superficiales registradas en Bahía de San Quintín, provocaron que existiera una alta solubilidad de oxígeno disuelto y por ende una mayor concentración del mismo, ya que como es sabido, existe una relación directa entre estos dos parámetros. Contrario a lo ocurrido en Bahía de San Quintín, en el Estero de Punta Banda se observó

claramente una inversión en el gradiente de la concentración de oxígeno disuelto con los valores de fondo mas altos que en la superficie como consecuencia de las bajas temperaturas de fondo registradas durante el muestreo.

Contrario a lo sucedido durante primavera y verano de 1975, en que los valores de temperatura mas bajos se presentaron en la boca de Bahía de San Quintín, (Alvarez, Acosta Y Lara, 1977), en otoño e invierno del mismo año estos fueron registrados en la boca del Estero de Punta Banda, ya que la temperatura ambiental en esta región fue menor que en Bahía de San Quintín.

Al igual que en Bahía de San Quintín, el Estero de Punta Banda en otoño e invierno no presentó inversión en el gradiente de temperatura, de tal forma que durante el día las aguas con mayor salinidad y menor temperatura se encontraron en el fondo, influenciado esto por la evaporación que afecta grandemente la capa superficial del agua debido a lo somero del area, ocasionando por lo tanto un incremento en la salinidad. El enfriamiento durante la noche fue suficiente para restaurar una homogeneidad en la columna de agua.

5 CONCLUSIONES.

1). _ Las condiciones cambiantes en la zona oceánica adyacente a la boca de estos dos sistemas, influyen en el comportamiento de los parámetros estudiados. Bahía de San Quintín se encuentra influenciada por el efecto de surgencias que se presenta cercano a la boca del sistema, mientras que el Estero de Punta Banda por las corrientes paralelas a la costa. Siendo estas las explicaciones mas plausibles, considerando que el muestreo solo tuvo un día de extensión en todos los casos, no permitiendo un análisis mas completo de factores de períodos mas largo (mareas vivas o muertas, vientos).

2). _ Las fluctuaciones diarias del ciclo de marea influyen grandemente en el comportamiento general de los parámetros estudiados en la boca.

3). _ Desde el punto de vista de las condiciones internas de los sistemas, el calentamiento por irradiación solar y la evaporación producida principalmente por vientos, regulan los gradientes verticales de temperatura y salinidad, pudiendo producir inversiones en el primero de estos, aunque esta inversión puede ser destruida facilmente por las corrientes y turbulencias debido a la poca diferencia entre los valores de superficie y fondo, así como al espesor delgado de la capa de agua.

6 RECOMENDACIONES.

a). _ Se realicen estudios sobre intensidad y dirección de corrientes frente a la boca de los sistemas estudiados, ya que fue una de las principales causas que no permitieron llegar a conclusiones contundentes, respecto a las aguas adyacentes para poder determinar las causas de los cambios bruscos en los parámetros estudiados.

b). _ Se efectuen mediciones de variaciones diurnas en series de tiempo mas largas (dos semanas, un mes) de salinidad y temperatura en la superficie y el fondo, tanto en la boca como en el interior de los dos cuerpos de agua, conjuntamente con mediciones de parámetros meteorológicos (vientos, humedad relativa y temperatura del aire), con el objeto de entender mejor el patrón de circulación interna por densidad y el intercambio en la zona de la boca.

7 BIBLIOGRAFIA.

- Acosta Ruiz M. de J., Saul Alvarez B., 1974. Distribución superficial de algunos parámetros hidrologicos físicos y químicos, en el Estero de Punta Banda, B.C. en otoño e invierno. Ciencias Marinas, 1(1): p. 16-45.
- Alvarez Borrego S., Manuel de Jesús Acosta R. y José Rubén Lara Lara. (1977). Hidrología comparativa de las bocas de dos antiestuarios de Baja California. Ciencias Marinas, 4(1): p. 1-11.
- Alvarez Borrego S., Guillermo Ballesteros G. y Alfredo Chee B. 1975. Hidrología de la Bahía de San Quintín, B.C., en verano, otoño e invierno. Ciencias Marinas, 2(2): p. 1-9.
- Alvarez Borrego S. y Alfredo Chee B., 1976. Distribución superficial de fosfatos y silicatos en Bahía de San Quintín, B.C. Ciencias Marinas, 3(1): p. 51-61.
- Barnard L., 1962. Benthic marine exploitation of Bahía de San Quintín, B.C. 1960-1961. Pacific Naturalist, 3: 249-274.
- Barnard L., 1970. Benthic ecology of Bahía San Quintín, B.C. Smithsonian Contribution to Zoology, No. 44.

- Barnard L. 1964. Marine Amphipoda of Bahía San Quintín, B.C. Pacific Naturalist, 4: 55-139.
- Benson R.H., 1959. Ecology of recent Ostracodes of the Todos Santos Bay Region, B.C., México. The University of Kansas Paleontological Contributions. Arthropoda Article 1, pag. 1-80.
- Cabrera Muro H., 1974. Distribución de temperatura en la Bahía de Todos Santos. Ciencias Marinas, 1(1): p. 65-77.
- Célis Cesena R. y Saul Alvarez B. Distribución superficial de algunos parámetros hidrológicos físicos y químicos en el Estero de Punta Banda, B.C. Ciencias Marinas, 2 (): 98-105.
- Contreras Rivas I., 1973. Influencia termohalina de las aguas del Estero de Punta Banda en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California.
- Chávez de Nishikawa A. G. y Saul Alvares B., 1974. Hidrología de la Bahía de San Quintín, B.C. en invierno y Primavera. Ciencias Marinas, 1(2): p. 31-62.

- Chávez de Ochoa M del C. 1975. Algunas condiciones de Surgencias durante la primavera de 1974, para el area adyacente a Punta Banda, B.C. Ciencias Marinas, 2(2): p. 111-124.
- Dawson E. Y., 1951. A Further Study of Upwellin and Vegetation along Pacific Baja California, México. Journal Of Marine Research. 10(1): p. 39-58.
- De la Paz Vela R., 1978. Hidrodinámica y dispersión de contaminantes en el Estero de Punta Banda, B.C. Tesis Profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California.
- Del Valle Lucero R. 1979. Aplicación de un modelo numérico y análisis de condiciones hidrodinámicas en Bahía de San Quintín Baja Calif. Tesis Maestria. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Gorsline, DIF. y R.A. Stewart., 1962. Benthic marine exploration of Bahía San Quintín, B.C., 1960-61. Marine and Quaternary Geology. Pacific Naturalist, 2: p. 283-319.
- Green E. J., 1965. A redetermination of the solubility in sea water and some thermodynamic implications of the solubility relations. Ph.D. Thesis. Massachusetts Institute Technology, Cambridge.

- Keen A.M., 1962. A new west mexican subgenus and new species of Montacutidae (Mollusca: Pelecypoda), with a list of Mollusca from Bahía de San Quintín. Pacific Naturalist, 3: 321-328.
- Lara Lara J.R. y Saul Alvarez B., 1975. Ciclo anual de Clorofilas y Producción Orgánica Primaria en Bahía de San Quintín, B.C. Ciencias Marinas, 1(1): p. 77-97.
- Menzies R.J., 1962. The marine Isopod fauna of Bahía San Quintín, B.C., México. Pacific Naturalist, 3: p. 337-348.
- Margalef R., 1969. Comunidades Planctónicas en Lagunas Litorales. Lagunas Costeras, Un Simposio. Mem. Simp. Inter. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO, Nov. 28-30, 1967. México D.F. p. 545-562.
- Morales Zúñiga C., 1977. Variaciones estacionales de la temperatura en la Bahía de Todos Santos B.C. Ciencias Marinas 4(1): p. 23-33.
- O'brien M.P. y L. Zeevaert, 1968. Design of a small tidal inlet. Proceedings of the eleventh Conference on coastal Engineering. London, England.

- Postma H., 1965. Water circulation and suspended matter in B.C. Lagoons. Netherlands Jour. Sea Res. 2: 566-604. Pritchard Donald W., René de la P., Homero Cabrera M. Salvador Farreras S., Eduardo Morales. 1978. Hidrografía física del Estero de Punta Banda, B.C. Ciencias Marinas 5(2) p. 1-23.
- Redfield A. C., B. H. Ketchum y F.A. Richards, 1963. The influence of organisms on the composition of the sea water. The Sea: Ideas and observations on progress in the study of the sea, M. N. Hill (editor), Interscience, New York. 2: 26-77.
- Reish D.J., 1963. A quantitative study of the Benthic Polychaetous annelids of Bahía San Quintín B.C. Pacific Naturalist, 3: 399-436.
- Strickland H.D. y T.R. Parson, 1965. A practical Handbook of Sea Water Analysis, Fish. Res. Board Of Canada, Bull. 167.p. 311
- U.S. Geological survey (USGS), (1942). Studies on evaporation Lake Hefner. Government printing office. Washington D.C.

C O N T E N I D O

1	INTRODUCCION.....	1
1.1	Antecedentes. -.....	1
1.2	Objetivo. -.....	4
1.3	Descripción del Area de estudio. -.....	4
2	MATERIALES Y METODOS.....	8
3	RESULTADOS.....	10
3.1	Temperatura.....	10
3.2	Salinidad.....	14
3.3	Oxígeno.....	17
3.4	Velocidad del Viento, Temperatura Ambiental y Marea.....	21
4	DISCUSIONES.....	27
5	CONCLUSIONES.....	34
6	RECOMENDACIONES.....	35

7 BIBLIOGRAFIA.....	36
---------------------	----

RIVERA RTESIS

END

02/04/80 19:25

PRT039