

## HIDROLOGIA COMPARATIVA DE LAS BOCAS DE DOS ANTIESTUARIOS DE BAJA CALIFORNIA

por:

SAUL ALVAREZ BORREGO

MANUEL DE JESUS ACOSTA RUIZ

JOSE RUBEN LARA LARA

Centro de Investigación Científica y  
Educación Superior de Ensenada, B.C.  
Espinoza 843, Ensenada, B.C.

(Recibido: junio 20, 1977)

Ciencias Marinas Vol. 4 Núm 1 1977.

### RESUMEN

Durante la primavera y verano de 1975, se llevaron a cabo cuatro muestreos en las bocas de Bahía San Quintín y el Estero de Punta Banda. El objetivo fue estudiar la variación de temperatura, salinidad oxígeno disuelto, pH y algunas variables meteorológicas, en función del tiempo en ciclos diurnos. El estudiar ambas lagunas costeras nos permitirá hacer comparaciones para encontrar diferencias y características comunes que puedan ser extrapoladas a otros antiestuarios. También se presentan resultados preliminares de otoño en San Quintín.

### ABSTRACT

During spring and summer of 1975 four samplings were carried on, two at the mouth of San Quintin Bay and two at the mouth of Estero de Punta Banda, with the objective to study the variation of temperature, salinity, dissolved oxygen, pH and some meteorological variables as functions of time, in diurnal cycles. This is part of a study that intends to give an infrastructure for the development of mariculture in the antiestuaries of Baja California. To study San Quintin Bay and the Estero de Punta Banda will allow us to make comparisons with the objective to find common characteristics that can be extrapolated to other antiestuaries. Also, in this report we present preliminary results from a sampling made in fall.

## INTRODUCCION

La hidrología de Bahía San Quintín y el Estero de Punta Banda ha sido estudiada con el objetivo primordial de proporcionar una infraestructura científica para el desarrollo de maricultivos (Acosta Ruíz y Alvarez Borrego, 1975; Lara Lara y Alvarez Borrego, 1975; Alvarez Borrego, Ballesteros Grijalva y Chee Barragán, 1975; y Alvarez Borrego y Chee Barragán, 1976). El énfasis hasta ahora había sido el determinar la distribución espacial de diversos parámetros ecológicos físico-químicos y su cambio en función del tiempo a lo largo de ciclos anuales; además de estudiar los parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria. Alvarez Borrego y López Alvarez (1975) presentaron algunos resultados sobre la determinación de biomasa por grupos taxonómicos de fitoplancton. Para un mejor entendimiento de los procesos que afectarán a cualquier grupo de especies que se cultiven en lagunas costeras semejantes a Bahía San Quintín y al Estero de Punta Banda, es necesario tener un mejor conocimiento de la dinámica de los mismos, el campo de la velocidad de corrientes y su compleja fluctuación en función del tiempo. Este campo dependerá de las mareas, la geometría de la laguna costera, especialmente su batimetría, los vientos y los efectos termohalinos de incremento de la temperatura y evaporación. Del campo de la velocidad depende la renovación del agua donde se esté realizando el cultivo, y por lo tanto el suplemento de

alimento, sobre todo en el caso de cultivos de macro-algas y de moluscos filtro-alimentadores.

Redfield, Ketchum y Richards (1963) indicaron el poco conocimiento que se tiene sobre la hidrología de sistemas antiestuarinos, comparado con los ampliamente estudiados sistemas estuarinos. Las especulaciones que se han hecho sobre los sistemas antiestuarinos, en que la evaporación es mayor que cualquier aporte de agua dulce, se han basado en el conocimiento del mar Mediterráneo. Por ejemplo se especulaba que el contenido de nutrientes tendería a disminuir en el sistema antiestuarino con respecto al océano abierto adyacente, debido a una circulación termohalina que produciría en la boca una corriente en el fondo hacia afuera, de agua con mayor salinidad; y en la superficie, una corriente hacia adentro de agua con menor salinidad. Alvarez Borrego y Chee Barragán (1976) demostraron que a lo largo de todo el año la concentración de nutrientes en Bahía San Quintín aumenta de la boca hacia el interior, es decir, es mayor en el interior de la Bahía que en el océano abierto adyacente.

## HIDROLOGIA DE DOS BOCAS DE ANTIESTUARIOS

El objetivo del presente trabajo es el determinar la hidrología de las bocas de dos sistemas antiestuarinos en Baja California, Bahía San Quintín y el Estero de Punta Banda, y su cambio estacional a través de un año. Esto nos podrá permitir en el futuro hacer cálculos de flujo y balances de materiales, sobre todo de fitoplancton y de nutrientes en solución. Al estudiar simultáneamente dos sistemas antiestuarinos podemos realizar comparaciones que quizás nos permitan establecer características lo suficientemente comunes para ser extrapoladas a cualquier otro sistema antiestuarino.

En este trabajo se presentan de una manera preliminar, los resultados obtenidos de los muestreos de primavera y verano de 1975; incluyendo salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, pH y condiciones meteorológicas. Además, se presentan resultados preliminares obtenidos en otoño en San Quintín.

El Estero de Punta Banda es una laguna costera localizada a lo largo de la orilla sureste de la Bahía de Todos Santos (Acosta Ruíz y Alvarez Borrego, 1974). Su boca se encuentra aproximadamente a 8 millas náuticas del mar abierto. Fuera de la Bahía de Todos Santos, al suroeste de Punta Banda se encuentra una zona de surgencias (Chávez de Ochoa, 1975). La boca del Estero no es mayor de 150 m en mareas bajas.

Bahía San Quintín se localiza a 200 km al sur de Ensenada, Baja California Norte. En el mar abierto inmediatamente al sur de la entrada de la Bahía ocurren surgencias intensas (Dawson, 1951). La boca tiene un poco más de un kilómetro de ancho (ver Chávez de Nishikawa y Alvarez Borrego, 1974).

### MATERIALES Y METODOS

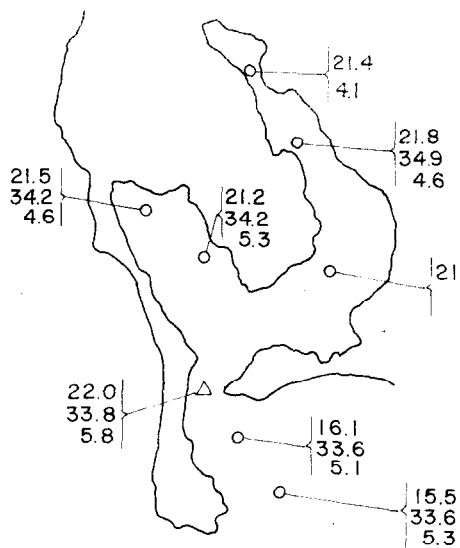
Se realizaron dos muestreos en cada boca en mayo y agosto, para estudiar las condiciones de primavera y verano. En cada muestreo se anclaba la embarcación "SIRIUS I" de 35 piés de eslora, propiedad del CICESE, a manera de plataforma fija. Se tomaron muestras cada hora por períodos de 26 horas tratando de incluir un ciclo de radiación solar y de mareas. Además, en primavera se muestrearon 4 estaciones hacia el interior del Estero de Punta Banda, y en verano se muestrearon estaciones hacia el interior de ambos lugares (Fig. 1). En San Quintín se muestreo el 7 y 8 de mayo, y el 14 y 15 de agosto; y en el Estero de Punta Banda el 26 y 27 de mayo, y el 27 y 28 de agosto. El muestreo de otoño, se realizó el 26 y 27 de noviembre.

Distribución espacial de:

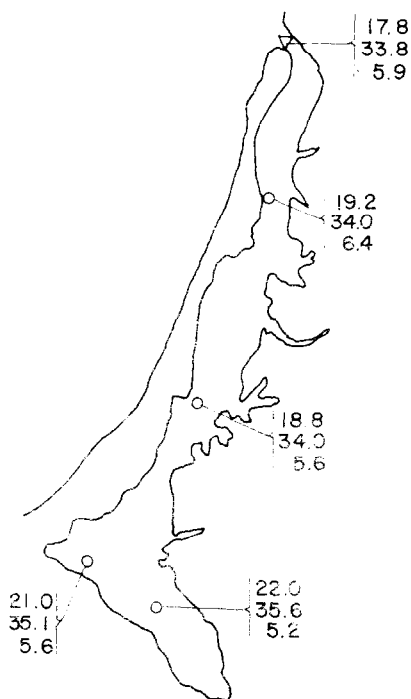
T° C

S ‰

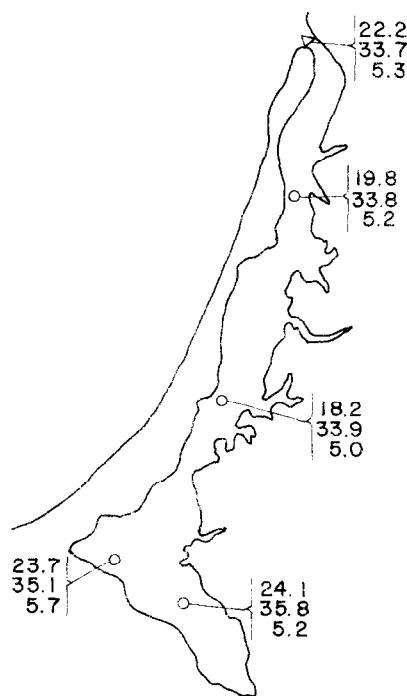
O<sub>2</sub> ml/lit



BAHIA SAN QUINTIN  
VERANO



ESTERO PUNTA BANDA  
PRIMAVERA



ESTERO PUNTA BANDA  
VERANO

Fig. 1.- Localización de las estaciones de muestreo en Bahía San Quintín y en el Estero de Punta Banda, mostrando la distribución espacial de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.

## HIDROLOGIA DE DOS BOCAS DE ANTIESTUARIOS

Se colectaron muestras de agua de superficie y de fondo para determinaciones de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. Y solamente de superficie para pH. No fue posible tomar datos de pH en verano debido a fallas en el potenciómetro. En el muestreo de noviembre se determinó la dirección e intensidad de la corriente en la superficie y aproximadamente a un metro del fondo. Además, se tomaron datos de temperatura ambiental y dirección e intensidad del viento para los propósitos del presente trabajo.

La salinidad se determinó mediante un salinómetro Beckman, modelo 118 WA200; la temperatura mediante termómetros reversibles y termómetros de cubeta; el oxígeno por el método macroWinkler descrito por Strickland y Parsons (1965); el pH utilizando electrodos de vidrio y un potenciómetro Orion, de baterías, modelo 401, y las corrientes mediante un correntómetro tipo Savonius.

La colecta de agua de fondo se hizo con botellas Nansen recubiertas con teflón, y la de superficie con botellas Van-Dorn. Antes de realizar cada muestreo se leía la profundidad mediante una ecosonda y en base a esto se situaba la botella de fondo aproximadamente a 1 metro del mismo. La profundidad media en la boca de San Quintín es de cerca de 9 metros y en el Estero de Punta Banda 7 metros.

La intensidad y dirección del viento se midió con un anemómetro Kahlsico modelo 03 AM 120. La salinidad se determinó en el laboratorio, mientras que el resto de las propiedades se determinaron en el campo. Las gráficas de mareas se construyeron con datos del calendario publicado por la Secretaría de Marina, con su corrección por tiempo y espacio para el lugar estudiado.

### RESULTADOS

En general la variación de temperatura y salinidad a través de un ciclo diurno tuvo tendencias más claramente marcadas en Bahía San Quintín que en el Estero de Punta Banda (Fig. 2). Especialmente notable es la alta correlación entre estas variables ocurrida en primavera en Bahía San Quintín. En el Estero de Punta Banda se aprecian cambios bruscos de los valores, mientras que en Bahía San Quintín en general la variación fue suave. En Bahía San Quintín, en verano, alrededor de las trece horas se detectó un fenómeno más claramente mostrado por la temperatura pero corroborado por la salinidad (Fig. 2), consistente en una anomalía que aumentó los valores de ambas propiedades con

# ALVAREZ BORREGO-ACOSTA-LARA

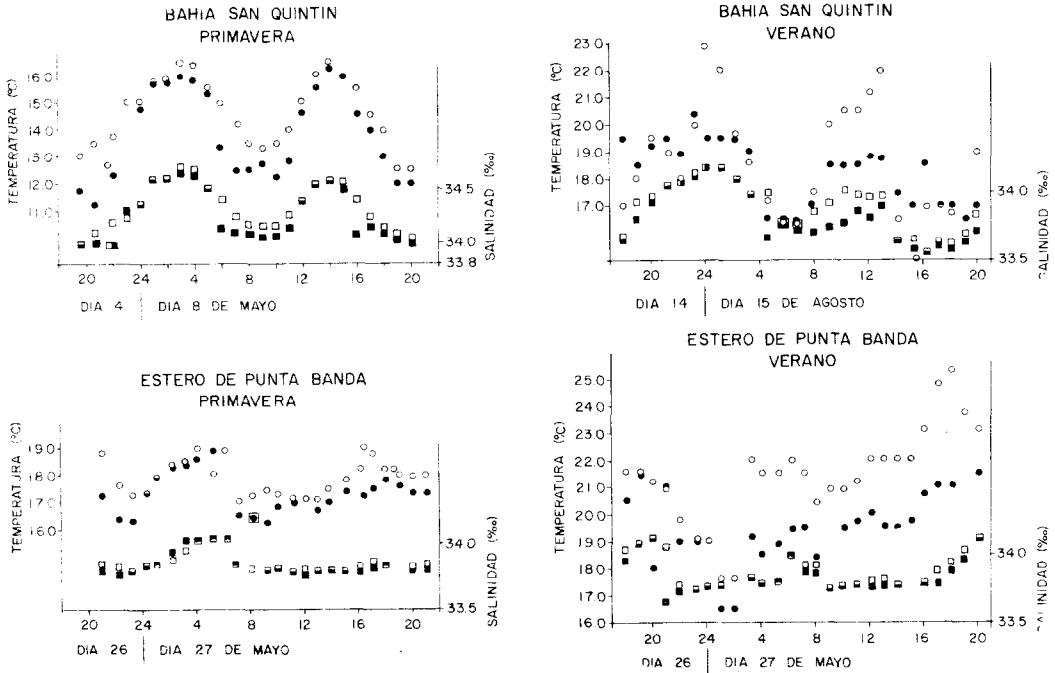


Fig. 2.- Variación de temperatura y salinidad en las bocas de San Quintín y el Estero. Círculos claros representan valores de superficie y los oscuros de fondo. Los círculos representan temperatura.

respecto a la tendencia general de variación. El cambio brusco más marcado en el Estero de Punta Banda ocurrió a las seis horas en primavera. En general la temperatura fue mayor en la superficie que en el fondo, con diferencias hasta de más de 3°C en San Quintín en verano, y hasta más de 4°C en el Estero. Las diferencias de los valores de salinidad, de superficie y de fondo no son tan notables como las de temperatura.

Con relación a la salinidad, la columna de agua fue menos homogénea en San Quintín que en el Estero. La salinidad fue en general igual o mayor en la superficie que en el fondo. En verano en Bahía San Quintín se detectó una inversión en el gradiente de temperatura, en la columna de agua, de las 18:00 a las 23:00 horas del primer día; a las 03:00 horas; de las 06:00 a las 07:00 horas y de las 14:00 a las 18:00 horas del segundo día, con temperaturas mayores en el fondo que en la superficie (Fig. 2). Esto implica que hubo una inversión en el gradiente de densidad. Para corroborar esto, se tuvo especial cuidado en las mediciones de temperatura realizadas en otoño en San Quintín (Fig. 3); en efecto, una vez

# HIDROLOGIA DE DOS BOCAS DE ANTIESTUARIOS

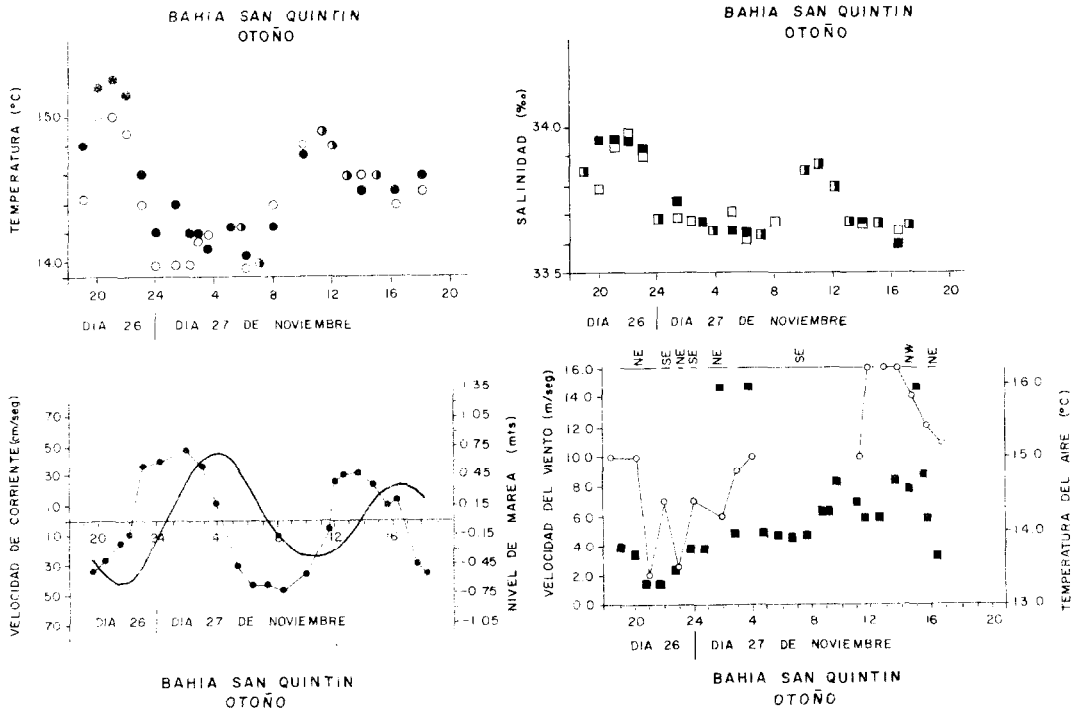


Fig. 3.- Variación de temperatura, salinidad, velocidad de corrientes, marea, velocidad del viento y temperatura del aire en la boca de San Quintín en el muestreo de otoño. Círculos claros representan valores de superficie y los oscuros de fondo, en las gráficas de T°C y S‰/oo. La línea continua es la gráfica de marea. Círculos claros representan la velocidad del viento.

más se detectaron temperaturas en el fondo un poco mayores que en la superficie. Aunque no presentamos las gráficas de sigma-t, los resultados indican que en algunas ocasiones las fuertes corrientes de marea provocan temporalmente el que se encuentre agua en la superficie de mayor densidad que en el fondo.

Contrario a la salinidad y temperatura, la variación de oxígeno disuelto fue más irregular en San Quintín que en el Estero (Fig. 4). El pH fue casi invariable en el Estero de Punta Banda, mientras que en San Quintín su variación fue claramente marcada, con una alta correlación con la salinidad, temperatura y oxígeno disuelto (Fig. 2 y 4).

Los vientos fueron más intensos en San Quintín que en el Estero de Punta Banda, tanto en primavera como en verano (Fig. 5). En el Estero se registraron algunos períodos de calma, mientras que en San Quintín la velocidad mínima del viento fue 4.0 m/seg. En San Quintín se registraron vientos

## ALVAREZ BORREGO-ACOSTA-LARA

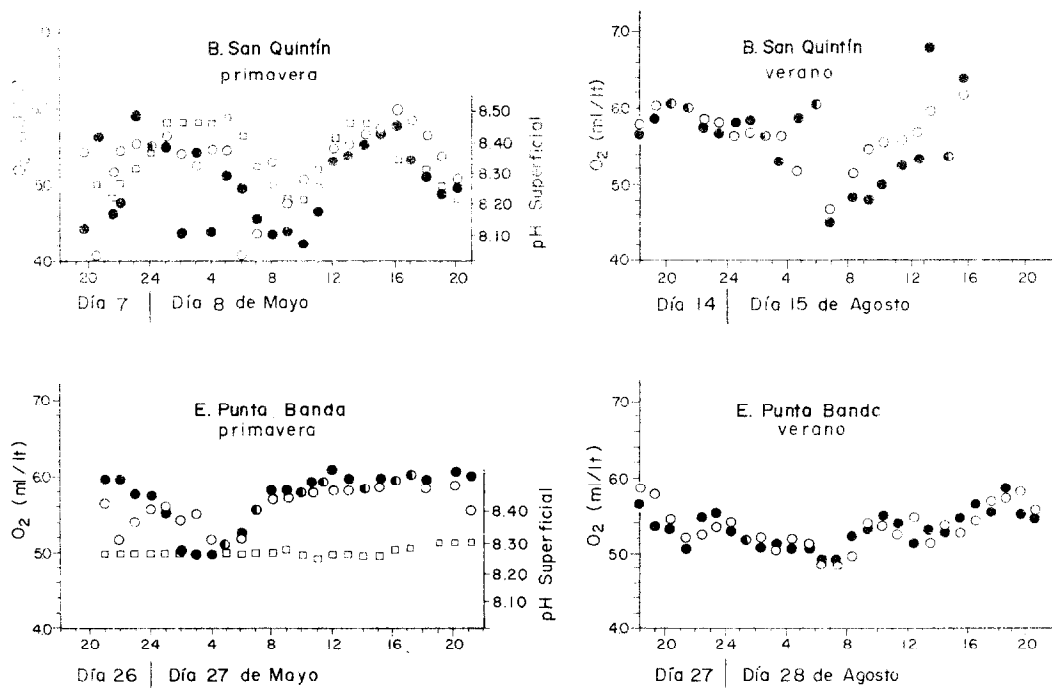


Fig. 4.- Variación de oxígeno disuelto y pH en las bocas de San Quintín y el Estero. Círculos y cuadros claros representan valores de superficie y los oscuros de fondo. Los cuadros representan valores

con componente del oeste persistente casi durante las veinticuatro horas del día, mientras que en el Estero se presentó el ciclo de brisas de mar y tierra. La temperatura del aire fue más baja y más estable en San Quintín que en el Estero.

La velocidad de corriente fue medida de una manera apropiada por primera vez en el muestreo de otoño en Bahía San Quintín (Fig. 3). La velocidad máxima registrada fue 55cm/seg en flujo. La gráfica muestra la velocidad promedio en la columna de agua, aunque en general se registraron velocidades ligeramente mayores en la superficie.

### DISCUSIONES

Resultados obtenidos anteriormente han mostrado que la salinidad y temperatura generalmente tienden a aumentar de la boca al interior de estos dos antiestuarios (Acosta Ruíz y Alvarez Borrego, 1974, y Chávez de Nishikawa y Alvarez Borrego, 1974). De acuerdo con esto, al estar midiendo estas variables en las bocas, en función del tiempo, debe haber una correlación estrecha con la marea, con la salinidad y temperatura aumentando en reflujo y viceversa. En efecto, en el muestreo de primavera en San Quintín se detectó una



## HIDROLOGIA DE DOS BOCAS DE ANTIESTUARIOS

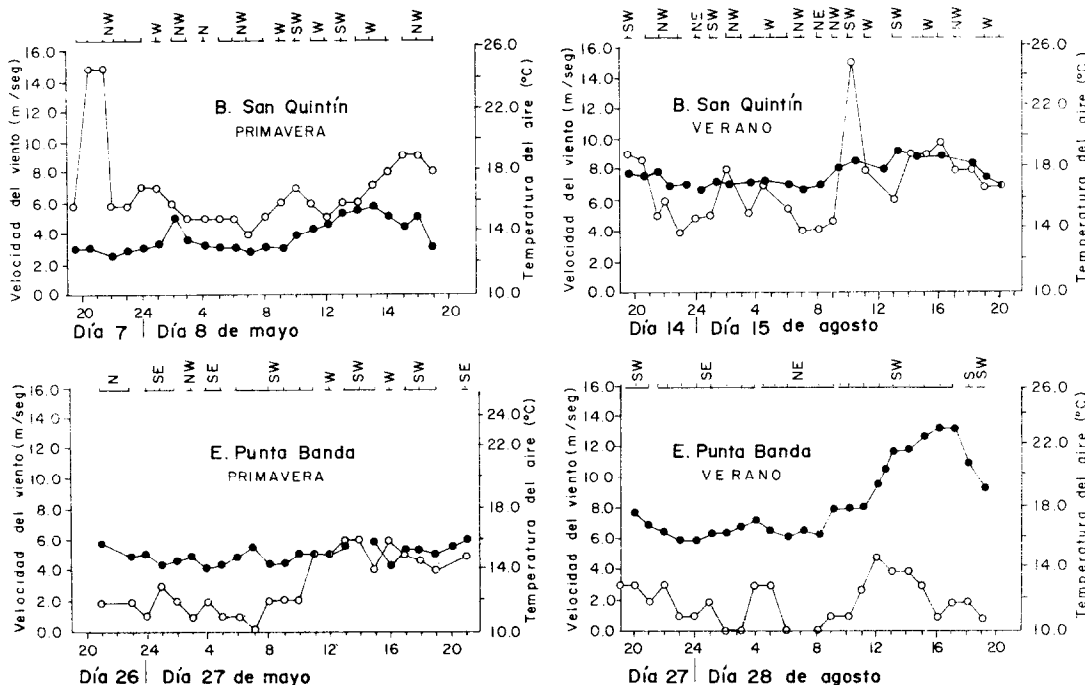


Fig. 5.- Variación de la velocidad del viento y la temperatura del aire en San Quintín y el Estero. Círculos claros representan la velocidad del viento y los oscuros la temperatura.

correlación casi perfecta entre la temperatura, la salinidad la marea, y también el oxígeno y el pH (Fig. 2 y 4). Sin embargo, en los demás casos no es evidente este tipo de correlación. Existen diversos factores que pueden causar variaciones irregulares de estas propiedades. v.g.: calentamiento y evaporación no uniforme en el interior de los antiestuarios debido a una batimetría irregular, con canales y bajos; la presencia de corrientes a lo largo de la playa en el exterior de las bocas; las condiciones cambiantes en la zona oceánica adyacente a las bocas como los cambios producidos por una surgencia; y con relación a la concentración de oxígeno, el oleaje variable de acuerdo con las condiciones de los vientos. Cabrera Muro (1972) y Contreras Rivas (1973) detectaron una corriente paralela a la playa frente a la boca del Estero de Punta Banda, con dirección norte. Los cambios bruscos de temperatura y salinidad detectados en algunas ocasiones en la boca del Estero, tales como el ocurrido a las 6 de la mañana en primavera (Fig. 2), son seguramente debido a este tipo de corriente paralela a la playa, que 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. Algunas de las anomalías registradas en San Quintín (Fig. 2) pueden deberse también a este tipo de corrientes a lo largo de la playa.

El intenso oleaje que comúnmente ocurre frente a la estrecha boca del Estero, aunado a las fuertes corrientes de marea (más fuertes en el Estero que en San Quintín, por lo estrecho de la boca del primero), son causantes de la mayor homogeneidad de la columna de agua en el Estero. En general, en ambos lugares, la columna de agua es más homogénea durante el reflujo.

Seguramente la presencia de surgencias en la zona oceánica adyacente a la boca de San Quintín son la causa de que se hayan registrado temperaturas más bajas que en el Estero, en el agua y en el aire. Vientos persistentes del noroeste registrados en San Quintín (Fig. 4) pueden haber causado estas surgencias.

La experiencia adquirida con este trabajo preliminar nos enseña que difícilmente se pueden obtener conclusiones fuertes con series de tiempo tan pequeñas. Por lo cual, futuros muestreos deben abarcar períodos del orden de unas dos o tres semanas, en lugar de un día.

#### RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al Sr. Antonio Novelo el habernos permitido utilizar sus instalaciones en el Estero de Punta Banda. Agradecemos a los compañeros Gilberto Gaxiola Castro, Sila Najera Martínez, Bernardo P. Flores Baez, Felipe Salinas, Artemio Gallegos, Salvador Galindo Bect, Talpa Lara, Lucía Vargas, Claudia Valdéz, Enrique Parra, Refugio González, Luis A. Galindo Bect y Marcos Miranda Aguilar, su valiosa colaboración en los trabajos realizados.

#### BIBLIOGRAFIA

- Acosta Ruiz, M. de J. y S. Alvarez Borrego. 1974. Distribución Superficial de Algunos Parámetros Hidrológicos Físicos y Químicos, en el Estero de Punta Banda, B.C. en Otoño e Invierno. Ciencias Marinas, Vol. 1, No. 1: 16-45.
- Alvarez Borrego S., G. Ballesteros Grijalva, y A. Chee Barragán. 1975. Hidrología de la Bahía de San Quintín, Baja California en Verano, Otoño e Invierno. Ciencias Marinas, Vol. 2, No.2:1-9.
- Alvarez Borrego S. y A. Chee Barragán. 1976. Distribución Superficial de Fosfatos y Silicatos en Bahía San Quintín, B.C. Ciencias Marinas, Vol. 3, No. 1: 51-61.

## HIDROLOGIA DE DOS BOCAS DE ANTIESTUARIOS

- Alvarez Borrego S. y C. López Alvarez. 1975. Distribución de Biomasa de Fitoplancton por Grupos Taxonómicos en Bahía San Quintín, B.C. a través de un Ciclo Anual. Reporte para I.N.P. de la S.I.C. y la Dirección de Acuacultura de la S.R.H. (No publicado).
- Cabrera Muro, H. 1972. Distribución de Temperatura en la Bahía de Todos Santos, (junio-octubre). Ciencias Marinas, Vol. 1, No. 1: 65-77.
- 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 S. Alvarez Borrego. 1974. Hidrología de la Bahía de San Quintín, Baja California en Invierno y Primavera. Ciencias Marinas, Vol. 1 No. 2: 31-62.
- Chávez de Ochoa, C. 1975. Algunas Condiciones de Surgencias Durante la Primavera de 1974, para el Area Adyacente a Punta Banda, Baja California. Ciencias Marinas, Vol. 2, No. 2: 111-124.
- Dawson E. Y. 1951. A Further Study of Upwelling and Vegetation along Pacific Baja California, Mexico. Jour. Mar. Res. Vol. 10, No. 1: 39-58.
- Lara Lara J. R. y S. Alvarez Borrego. 1975. Ciclo Anual de Clorofilas y Producción Orgánica Primaria en Bahía San Quintín, B.C. Ciencias Marinas, Vol. 2, No. 1: 77-97.
- Redfield A. C., B. H. Ketchum y F. A. Richards. 1963. The Influence of Organisms on the Composition of the Sea Water. En: The Sea: Ideas and Observations on Progress in the Study of the Sea, M. N. Hill (Editor), Interscience, New York. Vol. 2, Cap.: 26-77.
- Strickland, H. D. y T. R. Parson. 1965. A Practical Handbook of Sea Water Analysis, Fish. Res. Board of Canada, Bull. 167. 311 p.p.