

## **ESTERO AL CARDON, BAJA CALIFORNIA SUR 1. HIDROLOGIA (NOVIEMBRE 1978- JUNIO 1979)**

Por

Ocean. Bernardo P. Flores Báez  
Ocean. M. Salvador Galindo Bect  
P.O. Manuel Vidal Musiño  
Instituto de Investigaciones Oceanológicas  
Universidad Autónoma de Baja California.

### **RESUMEN**

Se realizaron una variación diurna y 8 muestreos superficiales en el Estero El Cardón, B.C.S., de noviembre de 1978 a junio de 1979. Se tomó la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y las condiciones meteorológicas. En general, los valores presentaron una tendencia a disminuir durante los meses de invierno y aumentar en primavera. Se infiere que existen condiciones antiestuarinas en el interior del sistema durante todo el estudio y un amplio rango de variación en los parámetros estudiados. Se observó que el estero recibe influencia de la Laguna San Ignacio y del océano adyacente, convergiendo en la región central del sistema. La variación en un lapso de tiempo corto (24 horas) y la distribución espacial de los parámetros es afectada grandemente por las condiciones meteorológicas, lo somero del área y los procesos biológicos. Se observaron condiciones de surgencia en la boca adyacente al acéano durante el verano.

### **ABSTRACT**

One diurnal variation and eight superficial samples were taken at the Estero El Cardon, B.C.S., Mexico, from November 1978 to June 1979. Temperature, salinity, dissolved oxygen and meteorological conditions were measured. In general, the values presented a tendency to diminish during winter and to increase in the spring. Antiestuarine conditions were inferred at the interior of the system along the time of study and an extensive range variation in the parameters. An influence of Laguna San Ignacio and the adjacent ocean on the estuary was observed converging at the center of the system. Variation in a short period time (24 hours) and the spatial distribution of the parameters, were greatly affected by the meteorological conditions, shallow waters and the biological processes. upwelling conditions were detected at the mouth of the system during summer.

### **INTRODUCCION**

En la última década se ha dado gran importancia al conocimiento de las lagunas costeras en Baja California, con el propósito fundamental de aprovechar

su alta productividad orgánica mediante la aplicación de técnicas acuiculturales. Para tales fines es necesario conocer el comportamiento ambiental de los factores fisicoquímicos en espacio y tiempo, ya que las diferentes especies cultivables solo pueden desarrollarse de una manera óptima, dentro de ciertos rangos de variación.

Los esfuerzos para el aprovechamiento de estas lagunas costeras han sido realizados por algunos investigadores, tales como: Islas Olivares (1976) con la introducción de ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en la Bahía San Quintín, B.C., y Jaime Silva (1974), en el Estero de Punta Banda, B.C. Estos trabajos fueron apoyados por los estudios hidrológicos realizados por Alvarez Borrego et-al (1975), Acosta-Ruiz y Alvarez-Borrego (1974), respectivamente. Otros estudios hidrológicos de estos cuerpos de agua han sido realizados con posterioridad, con el propósito fundamental de tener un mayor conocimiento del cuadro ambiental, tal es el caso de Pritchard et-al, 1981; Del Valle L., y H. Cabrera Muro (1981); Alvarez Borrego, J. y S. Alvarez Borrego (1982); Galindo Bect y Flores Bącz, (1982).

La Laguna San Ignacio y el Estero El Cardón, B.C.S., han sido escasamente estudiados, sólo algunos investigadores han realizado estudios sobre aspectos generales del origen y clasificación (Lankford, 1976); corrientes (Gaxiola Castro, 1976, no publicado); de bacteriología (Huerta Díaz, 1978); comunidades planctónicas (De Alba Pérez, 1976, no publicado), Arredondo, et-al en redacción). En 1975, la Cooperativa "19 de Septiembre" inició el cultivo de ostión japonés, *Crassostrea gigas*, a escala semicomercial (Secretaría de Pesca, La Paz, B.C.S.).

En el presente trabajo se estudió la distribución superficial de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en el Estero El Cardón, B.C.S., considerando que son factores limitantes desde el punto de vista biológico y pueden ser utilizados para decidir las especies factibles de ser cultivadas en la zona de estudio.

## DESCRIPCION DEL AREA

El Estero El Cardón es una laguna costera localizada sobre la costa oeste de Baja California Sur, entre las latitudes 26° 36' N y 26° 48' N; las longitudes 113° 02' W y 113° 13' W (fig. 1).

Está comunicado con el océano adyacente (Bahía Ballenas) a través de 2 bocas, la más importante de 1.2 km. de ancho aproximadamente, localizada entre las Islas Ana y Pitaya, otra de menor importancia de 0.4 km. de ancho un poco más al sur. También está comunicado a la Laguna San Ignacio mediante 2 bocas, la más importante de 1.5 km. de ancho aproximadamente, localizada entre las islas Abaroa y Ana y otra al norte de la Isla Abaroa de 0.8 km. aproximadamente.

El estero tiene un área de 135.8 km<sup>2</sup>, con una longitud de 19 km., y en su parte más ancha mide 10.5 km aproximadamente. El clima es desértico con escasas lluvias durante el año y no existe aporte continuo de agua dulce al sistema.

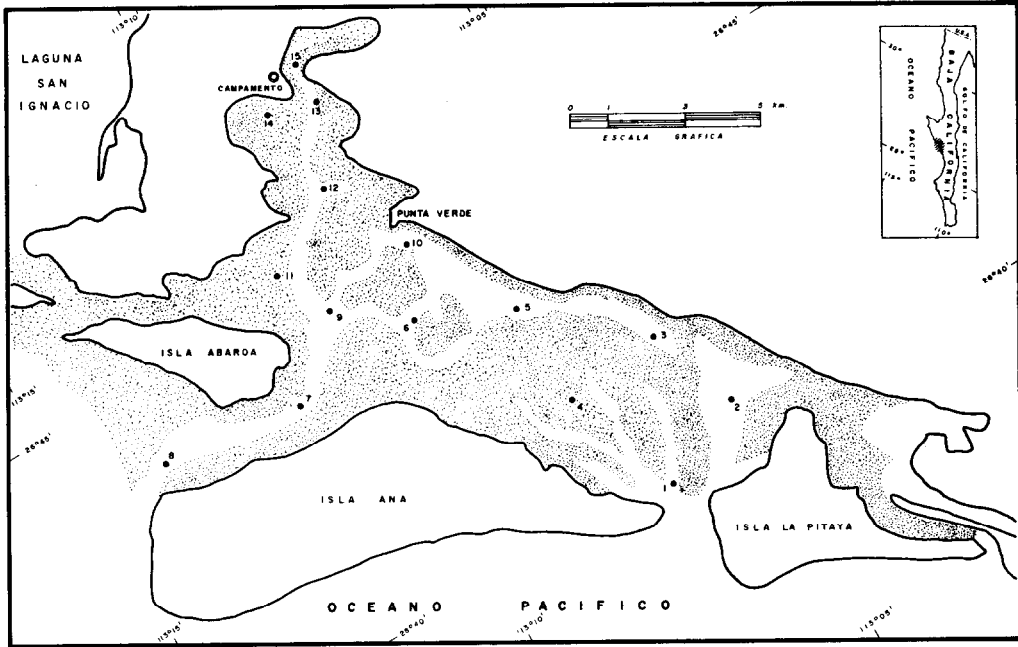


Fig. 1.- Localización de las Estaciones Hidrológicas

## METODOLOGIA

Se realizaron 8 muestreos mensuales de agua superficial de noviembre de 1978 a junio de 1979, y un ciclo de variación diurna (24 horas) los días 20 y 21 de junio de 1979. En cada caso se realizaron observaciones de temperatura (T°C) y se colectaron muestras de agua para determinaciones de salinidad (S<sup>o</sup>/oo) y oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>ml/l). Se midieron también variables meteorológicas como temperatura ambiental con un psicrómetro; velocidad y dirección del viento mediante un anemómetro marca Kahlsico. La colecta de agua se realizó en marea alta, generalmente a tempranas horas del día, teniendo una duración aproximada de 5 horas.

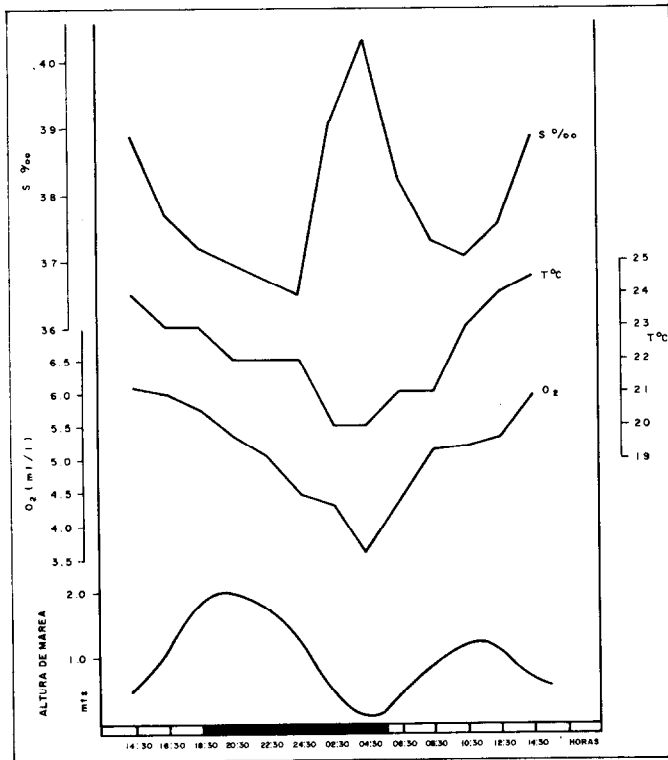
Los muestreos no fueron simultáneos, por lo que deberá considerarse en la

interpretación de los resultados, ya que existen cambios por efecto de marea, irradiación solar, evaporación y fotosíntesis durante el tiempo de muestreo.

En este trabajo se presentan las tablas con los resultados de cada muestreo, las figuras representativas del período estudiado y la variación diurna efectuada en la estación 15 en junio.

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

La información obtenida durante la observación de la variación diurna, muestra una estrecha relación con la marea y el período de irradiación solar (gráfica 1). En el caso de T°C y OD ml/l alcanzan los valores máximos de 24.5° C y 6.09 ml/l respectivamente a las 14:30 horas y los mínimos de 20.0° C y 4.33 ml/l a las 04.30 horas. También la salinidad presenta los máximo valores de 38.86 o/oo y 40.33 o/oo registrados a las 14:30 y 04.30 horas, los mínimos de 36.48 o/oo y 37.05 o/oo a las 00.30 y 10:30 horas, coincidiendo los valores máximos con el reflujó y los mínimos en el flujo de la marea.



Gráfica 1. Variación diurna de salinidad (S ‰), temperatura (°C) y oxígeno disuelto (ml/l) en la estación 15. Durante el 20-21 de junio de 1979.

La variación diurna de la temperatura y concentración de oxígeno disuelto en el agua fueron paralelas, no pudiendo considerarse como causa y efecto, ya que la solubilidad es mayor a bajas temperaturas. En el presente trabajo se presentaron bajas temperaturas con bajos valores de oxígeno disuelto (gráfica 1), pudiendo explicarse que los parámetros estudiados están más influenciados por los procesos biológicos y las condiciones ambientales que por el flujo y reflujo de la marea, ya que durante la noche existe consumo de oxígeno por respiración y en el día se incrementa por fotosíntesis; un ciclo diurno similar fué reportado por Stewart (1958).

La salinidad presentó un comportamiento en relación inversa respecto al ciclo de marea, encontrándose mayor concentración en el reflujo por efecto de evaporación en el interior del sistema, como lo reportado por Alvarez Borrego et al (1977); Galindo Bect y Flores Báez (1982) en Bahía San Quintín y el Estero de Punta Banda, B.C.

En general, la temperatura y salinidad presentaron una tendencia a disminuir durante los meses de invierno y aumentar en primavera (tablas 1 y 2). El gradiente superficial de temperatura en el interior del sistema descendió de la boca hacia las regiones más internas durante los meses de noviembre a febrero (fig. 2), presentándose al inverso en los meses de marzo a junio (fig. 3). Esto es debido a la influencia de las condiciones meteorológicas que actúan sobre el delgado espesor de la capa de agua; Chávez de Nishikawa y Alvarez Borrego (1974), reportan un comportamiento similar para Bahía San Quintín, B.C.

Tabla 1. Temperatura superficial (T °C) en el Estero "El Cardón", Baja California Sur durante Noviembre de 1978 a junio de 1979.

EST.	NOV. 1978	DIC. 1978	ENE. 1979	FEB. 1979	MAR. 1979	ABR. 1979	MAY. 1979	JUN. 1979
1	19.5	18.0	17.0	17.0	17.0	17.5	16.0	14.5
2	19.0	18.0	17.5	17.0	18.0	17.0	19.0	19.5
3	19.0	17.5	16.0	16.5	17.5	17.5	19.5	22.0
4	19.0	17.5	16.0	16.5	17.5	17.0	17.5	24.0
5	19.0	17.0	15.5	16.0	17.0	17.5	20.5	26.0
6	21.0	18.0	15.5	16.5	18.0	17.0	20.5	24.5
7	22.0	19.0	16.5	17.0	17.5	17.0	20.0	19.5
8	22.5	19.5	16.5	16.5	17.5	17.0	20.0	19.5
9	22.5	19.5	16.5	17.0	18.0	16.5	20.5	20.0
10	20.0	18.0	15.5	16.5	17.5	17.0	20.5	24.0
11	21.5	19.0	16.5	17.0	17.5	17.0	21.0	24.0
12	21.5	18.5	16.0	17.0	18.5	17.0	22.0	22.0
13	21.0	18.0	15.5	17.0	18.5	17.0	23.0	23.5
14	20.5	18.0	15.5	17.0	18.5	17.0	23.0	22.0
15	21.0	18.0	15.5	16.5	18.0	18.0	23.0	23.5
M	20.6	18.23	16.1	16.7	17.7	17.1	20.4	21.9

ESTERO EL CARDON I. HIDROLOGIA

Tabla 2. Salinidad superficial (S ‰ en el Estero "El Cardón", Baja California Sur, durante Noviembre de 1978 a Junio de 1979.

EST.	NOV. 1978	DIC. 1978	ENE. 1979	FEB. 1979	MAR. 1979	ABR. 1979	MAY. 1979	JUN. 1979
1	33.75	33.52	33.94	33.80	35.24	35.18	34.56	34.06
2	34.23	33.66	34.12	34.02	35.12	35.04	35.49	34.40
3	34.84	34.84	34.18	34.28	35.10	35.48	36.17	35.44
4	33.83	33.76	34.54	34.15	35.11	35.02	34.98	36.59
5	34.76	34.94	34.92	34.92	35.13	35.72	36.15	35.83
6	34.47	34.41	34.72	34.57	35.14	34.58	35.78	36.22
7	34.14	34.06	33.96	34.00	35.12	34.40	35.14	34.43
8	34.12	33.92	33.93	33.93	35.11	35.26	34.54	34.26
9	34.25	34.18	34.20	34.18	35.31	34.82	35.29	35.03
10	34.82	35.28	35.11	35.20	35.32	35.16	35.62	36.54
11	34.54	34.96	34.76	34.86	35.32	34.84	35.37	36.63
12	34.88	34.69	34.52	34.60	35.27	35.04	36.18	36.37
13	35.20	34.82	35.00	34.90	36.01	35.18	37.38	37.31
14	35.12	35.20	35.04	35.12	36.02	36.34	37.28	37.60
15	35.36	35.06	35.07	35.06	36.03	37.02	37.84	38.20
$\bar{M}$	34.55	34.45	34.53	34.50	35.35	35.27	35.85	35.92

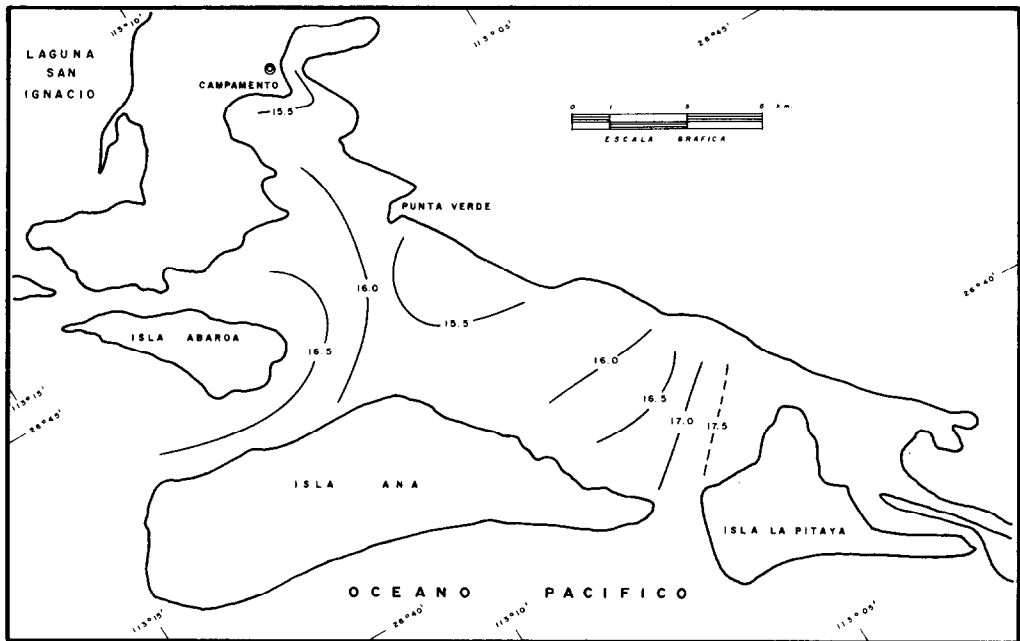


Fig. 2.- Distribución de temperatura superficial (°C) para Enero de 1979.

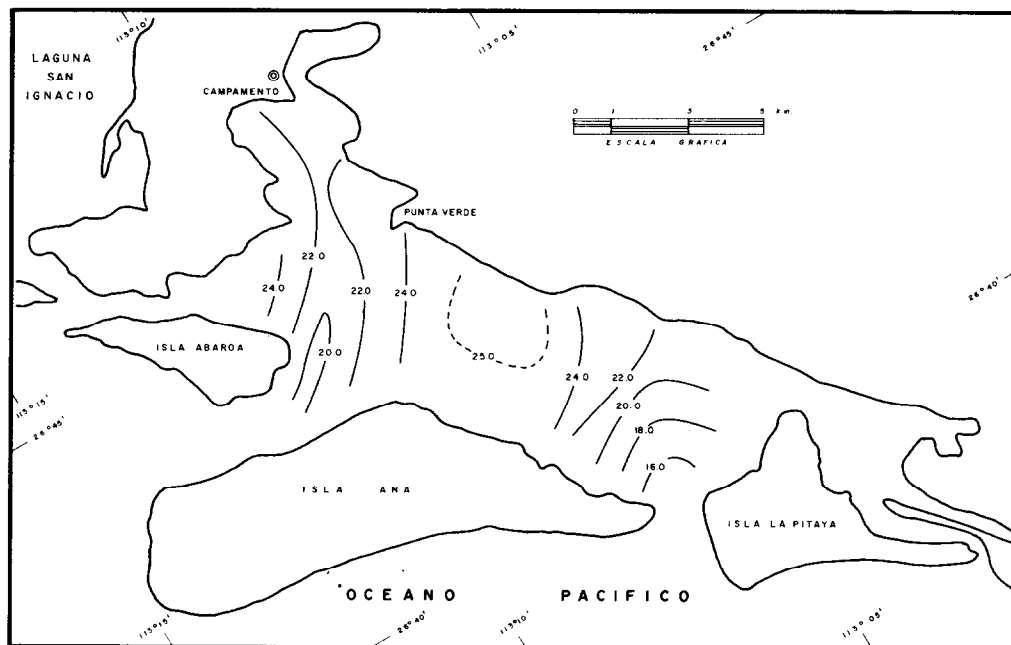


Fig. 3.- Distribución superficial de temperatura ( $^{\circ}$  C) para Junio de 1979.

La distribución superficial de salinidad presentó durante todo el estudio valores aumentando de la boca hacia las regiones internas del sistema (fig. 4). Esto es provocado por la intensa evaporación, aunada a la escasa precipitación pluvial en la región. Resultados semejantes fueron descritos por Acosta-Ruiz y Alvarez-Borrego (1974) en el Estero de Punta Banda, B.C.

El comportamiento de la temperatura y la salinidad sugieren una circulación antiestuarina entre el estero y el océano adyacente, similar al descrito por Groen (1969).

La concentración de oxígeno disuelto presentó una tendencia general a aumentar de noviembre a junio, conforme se avanza a la primavera (tabla 3), comportamiento que se asocia con el florecimiento anual de fitoplancton para la zona nerítica del Pacífico Norte (Heinrich, 1962, mencionado por Parsons, et-al, 1977).

La distribución superficial de oxígeno disuelto presentó un gradiente con los valores disminuyendo de la boca principal que comunica al océano, hacia la región central y aumentando a la cabeza (fig. 5).

Los altos valores en la boca pueden ser debidos a la turbulencia que se forma por el intenso oleaje y los fuertes vientos presentes en la zona. La disminu-

## ESTERO EL CARDON I. HIDROLOGIA

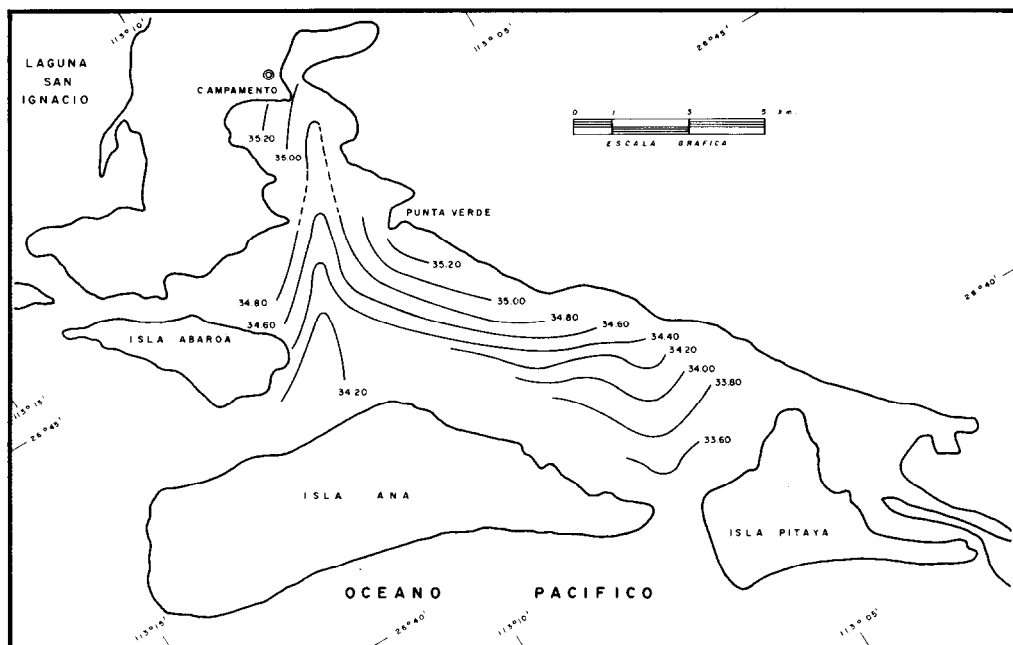


Fig. 4.- Distribución superficial de salinidad (S ‰) para Diciembre de 1979.

Tabla 3. Oxígeno disuelto superficial (ml/l) en el Estero "El Cardón", Baja California Sur, durante Noviembre de 1978 a Junio de 1979.

EST.	NOV. 1978	DIC. 1978	ENE. 1979	FEB. 1979	MAR. 1979	ABR. 1979	MAY. 1979	JUN. 1979
1	5.33	6.37	6.20	6.12	6.05	6.15	6.82	4.46
2	5.56	6.60	6.29	6.05	5.82	6.06	6.34	6.29
3	5.43	5.83	6.18	6.00	5.84	5.90	6.41	6.49
4	5.60	6.93	5.91	5.96	6.02	6.22	6.69	6.08
5	5.23	5.77	5.75	5.60	5.50	5.96	6.65	7.76
6	5.80	6.26	6.39	6.10	5.81	6.77	6.65	7.30
7	5.89	5.94	6.20	5.95	5.70	6.86	6.76	6.12
8	6.12	5.69	6.26	6.00	5.75	6.35	6.60	6.24
9	6.17	5.80	6.16	5.98	5.81	6.72	6.66	5.92
10	5.69	5.84	6.10	6.05	5.99	6.75	6.83	6.75
11	5.80	6.10	6.30	6.26	6.23	6.84	6.72	6.15
12	6.13	5.70	6.01	6.13	6.24	6.66	6.79	6.13
13	6.56	5.76	6.07	6.18	6.29	6.57	7.39	6.35
14	6.43	5.40	6.07	6.27	6.48	6.66	7.07	6.35
15	6.75	5.45	6.18	6.29	6.41	6.79	6.76	6.26
M	5.90	5.90	6.14	6.06	5.99	6.48	6.74	6.31



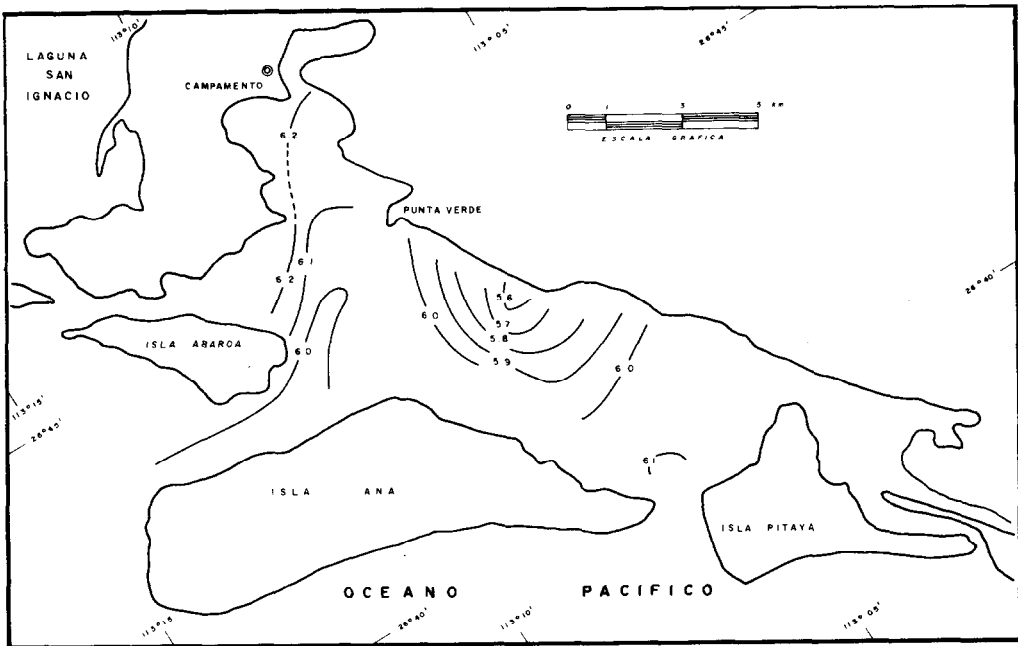


Fig. 5.- Distribución superficial de oxígeno disuelto (ml/l) para Febrero de 1979.

ción hacia la región central puede ser provocada por la degradación del material orgánico en forma de detritus aportado por las marismas y manglares localizados en la mayor parte del sistema en estudio, como lo encontrado por Stewart (1958) en la laguna San Miguel, B.C. Los altos valores de oxígeno detectados en la región de la cabeza, pueden ser explicados por el amplio rango de variación diurna que se presenta en el sistema (gráfica 1), ya que la colecta de las muestras en esa zona fué realizada entre las 13:00 y 14:00 horas, coincidiendo con los valores máximos del ciclo diurno y por ende a la mayor actividad fotosintética al ser colectada la muestra con 4 ó 5 horas posterior a la primera.

En el muestreo de junio, se hace notar un marcado descenso en los valores de los parámetros estudiados en la estación 1 (boca) con 14.5° C, 34.06 o/oo y 4.46 ml/l, los cuales no coinciden con la tendencia general de aumentar conforme avanza la primavera (tabla 1, 2 y 3) (figs. 3, 6 y 7). Este descenso en los valores refleja la influencia de surgencias cercanas a la boca, condiciones que se presentan generalmente en primavera y verano (Dawson, 1951 y Bakun, 1973).

Además, se observa que el oxígeno disuelto se incrementó considerablemente de la boca hacia la zona central del sistema, alcanzando valores hasta de 7.76 ml/l donde regularmente se encontraron bajos valores de oxígeno disuelto (fig. 7).

## ESTERO EL CARDON I. HIDROLOGIA

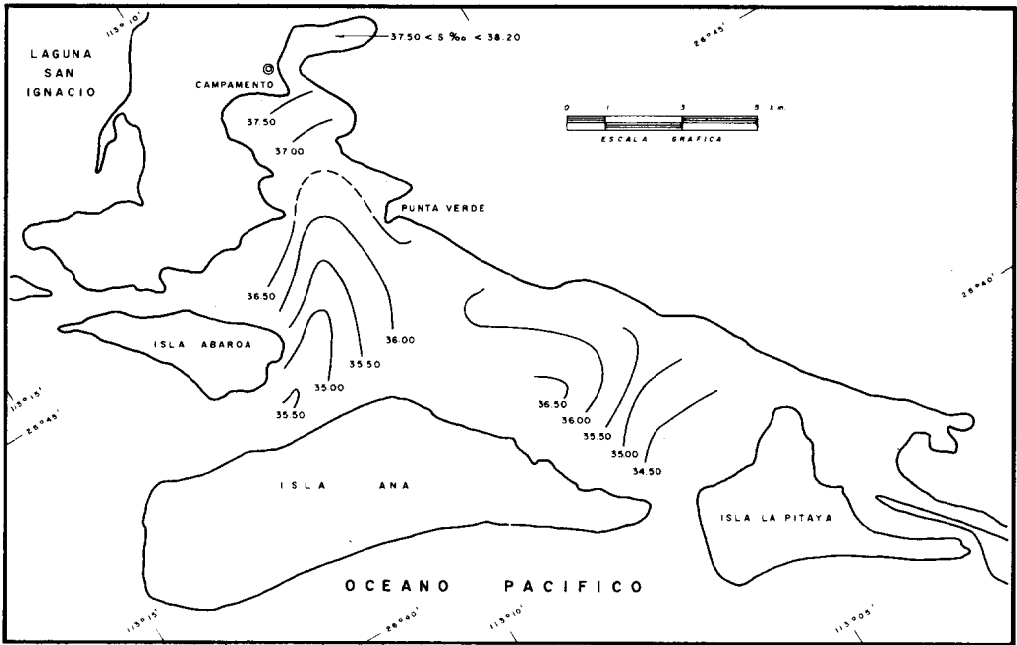


Fig. 6.- Distribución superficial de salinidad ( $S^{\circ}/\text{oo}$ ) para Junio de 1979.

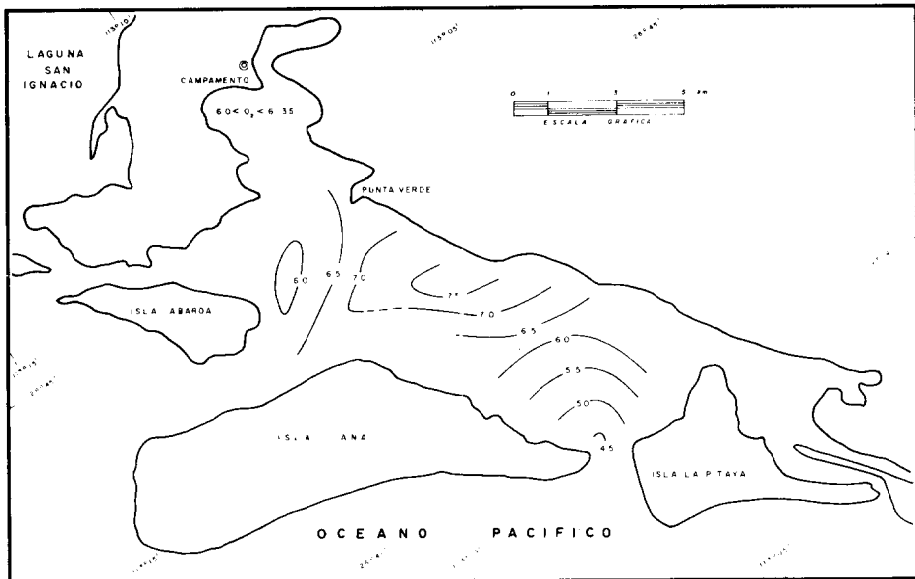


Fig. 7.- Distribución superficial de oxígeno disuelto (ml/l) para Junio de 1979.

## CONCLUSIONES

- 1.- Los parámetros estudiados indican un posible comportamiento antiestuarino, haciéndose más marcado en la época de verano.
- 2.- El rango de variación diurna en un lapso de tiempo corto (24 horas), es ampliamente afectado por las condiciones meteorológicas y los procesos biológicos.
- 3.- Los valores promedio máximos y mínimos para el período estudiado fueron:

PARAMETRO	MAX.	MIN.
T° C	21.90	16.10
S o/oo	35.92	34.45
O <sub>2</sub> ml/l	6.74	5.90

- 4.- En junio se refleja la influencia de surgencias cercanas a la boca que comunica el océano adyacente.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California, las facilidades prestadas para el desarrollo del presente trabajo. Así como a los P.O. Félix Arredondo Gómez y David González Rodríguez por su valiosa colaboración en la colecta de datos.

## LITERATURA CITADA

- 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*, 1 (1) : 16-45.
- ALVAREZ BORREGO, J. y S. Alvarez Borrego (1982). Temporal and spatial variability of temperature in two Coastal Lagoons. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations. Reports*, Vol. XXIII, October, 1982.

ESTERO EL CARDON I. HIDROLOGIA

- ALVAREZ BORREGO, S., M. de J. Acosta Ruiz y J. R. Lara Lara (1977). Hidrología Comparativa de las bocas de dos antiestuarios de Baja California. *Ciencias Marinas* 4 (1) : 1-11.
- ALVAREZ BORREGO, S., A. Chee Barragán (1975). Hidrología de la Bahía San Quintín, B.C., en verano, otoño e invierno. *Ciencias Marinas*, 2 (2) : 1-9.
- ARREDONDO, F., V. Gendrop y E. Orellana (en redacción). "Estero El Cardón, B.C.S., II. Fitoplancton (Nov. 1978-Junio 1979).
- BAKUN, A. (1973). Coastal upwelling indices, west coast of North America, 1964-71. Technical report NMFS SSRF-671, 103 p.
- CHAVEZ DE NISHIKAWA, A.G. y S. Alvarez Borrego, (1974). Hidrología de la Bahía San Quintín, B.C., en invierno y primavera. *Ciencias Marinas*, 1(2): 31-62.
- DAWSON, E.Y. (1951). A further study of upwelling and vegetation along Pacific Baja California, Mexico, *Journal of Marine Research*, 10 (1) : 39-58.
- DEL VALLE LUCERO, I., y H. Cabrera Muro (1981). Análisis estadístico de condiciones hidrodinámicas en la Bahía de San Quintín, B.C., verano de 1977. *Ciencias Marinas*, 7 (1) : 17-29.
- GALINDO BECT, S. y B. P. Flores Báez (1982). Hidrología comparativa en la boca de dos sistemas antiestuarinos de Baja California durante otoño e invierno. *Ciencias Marinas* 8 (1) : 97-108.
- GROEN, P. (1969). Physical hydrology of coastal lagoons. *Lagunas Costeras*, un Simposio-Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO, Nov. 28-30, 1967. México, D.F. 275-280.
- HUERTA DIAZ, M.A. (1978). Estudios bacteriológicos para la determinación de la calidad del agua en la zona de la Laguna San Ignacio y Estero El Cardón, B.C.S. Tesis Profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C. Ensenada, B.C., México. Postal 453.
- ISLAS OLIVARES, R. (1976). Cultivo piloto del ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en Bahía San Quintín, B.C. Tesis profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C. Postal 453, Ensenada, B.C., México.
- JAIME SILVA, D.R. (1974). Cultivo del ostión japonés (*Crassostrea gigas*), Tumberg, 1975 (Mollusca: Eulamellibranchia) en el Estero de Punta Banda

de la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis Profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C. Apdo. Postal 453, Ensenada, B.C., México.

LANKFORD, R.R. (1976). Coastal Lagoons of México their origin and classification. EN. *Estuarine Processes*, Vol. II (Ed). Martin Wiley. pp. 182-216.

PARSONS, T. R., M. Takahashi y B. Hargrave (1977). *Biological Oceanographic Processes*, 2nd edition. Pergamon Press (Ed). p. 30.

PRITCHARD, W.D., R. de la Paz Vela, H. Cabrera Muro, S. Farreras Sanz y E. Morales (1978). Hidrografía física del Estero de Punta Banda. Parte I: Análisis de datos. *Ciencias Marinas*. 5 (2) : 1-23.

STEWART, Jr., H B. (1958). Sedimentary reflections of depositional environment in San Miguel Lagoon, Baja California, México. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists* 42 (11) : 2567-2618.