

<http://dx.doi.org/10.7773/cm.v1i1.249>

Distribución Superficial de Algunos Parametros Hidrológicos
Físicos y Químicos, en el Estero de
Punta Banda, B. C., en Otoño e Invierno

Ciencias Marinas, Vol.1. Núm.1.

Por :

Ocean. MANUEL DE JESUS ACOSTA RUIZ

Y

Ocean. SAUL ALVAREZ BORREGO Ph. D.

Unidad de Ciencias Marinas
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
Ensenada, Baja California

RESUMEN.

Durante el período de Otoño e Invierno (1972-1973), se realizaron seis muestreos de superficie en el estero de Punta Banda. En el presente escrito se presentan y discuten los resultados de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno y pH. Además de los muestreos anteriores, se efectuaron dos estudios de la variación diurna de temperatura, salinidad y concentración de oxígeno disuelto. Se obtuvieron las siguientes conclusiones: - los gradientes fueron más intensos en Otoño que en Invierno; en general, la temperatura fué más elevada hacia el interior del estero que en la boca del mismo; con excepción de los períodos en que se registraron lluvias, la salinidad fué mayor en el interior del estero que en la boca; las variaciones de la concentración de oxígeno disuelto concordan en general con las de pH, con valores altos de concentración de oxígeno correspondiendo a valores también altos de pH, y viceversa; el porcentaje de saturación de oxígeno presentó frecuentemente valores menores de 100%, debido a la intensa oxidación biológica en el estero; - la temperatura del aire tiene un efecto máximo en la variación diurna de la temperatura del agua, mientras que las mareas afectan grandemente la variación diurna de salinidad; la variación diurna de la concentración de oxígeno disuelto es afectada por el ciclo diurno de radiación solar y por los movimientos advectivos causados por las mareas.

ABSTRACT.

Surface samples were taken in six trips to the Estero de Punta Banda, during Fall and Winter (1972-1973). In the present manuscript results of temperature, salinity, dissolved oxygen concentration, percent oxygen saturation and pH are presented and discussed. Besides the surface sampling mentioned before, two studies of the diurnal variation of temperature, salinity and dissolved oxygen concentration were carried on. The following conclusions were obtained: the gradients were more pronounced during Fall than during Winter; in general, the temperature was higher in the interior of the Estero than at the mouth; salinity was higher in the interior of the estero than at the mouth, with exception of the periods with rainfall; the dissolved oxygen concentration variations generally agreed with those of pH, with higher values of oxygen concentration corresponding to higher values of pH, and vice versa; the oxygen percent saturation values were frequently less than 100%, due to the intense biological oxidation in the estero; the maximum effect on the diurnal variation of water temperature is due to the air temperature, while the tides affect greatly the salinity diurnal variation; the dissolved oxygen concentration diurnal variation is affected by the diurnal cycle of solar radiation and by advection caused by tides.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen al Sr. Antonio Pirinski el haber permitido el uso de sus lanchas; a los compañeros; Jorge Alberto Rivera, Homero Cabrera Muro, Luis A. Galindo Bect, Héctor Rivera Carro, Orlando Nuñez Esquer, Raul Ceseña, Amelia Chavez de Nishikawa, Guillermo Ballesteros, Catalina López Alvarez, Rubén Lara Lara, Víctor Gendrop Flores, Jorge Ballesteros, Bernardo Primitivo Flores, Gilberto Flores Muñoz y Antonio Díaz de León, por su ayuda en el trabajo de campo y de Laboratorio.

INTRODUCCION.

a) Antecedentes y objetivos.

Uno de los problemas que se han venido desarrollando en Baja California, es el hecho de que los recursos pesqueros de aguas costeras, que se han estado explotando comercialmente, están disminuyendo paulatinamente. Esto ocurre al mismo tiempo que la membresía de las diferentes cooperativas pesqueras aumenta, como resultado del incremento demográfico de la Península. Como dos posibles soluciones a este problema se tienen: Por un lado, el encontrar nuevos recursos pesqueros comercialmente explotables; y por el otro, el desarrollar maricultivos en los diferentes cuerpos de agua protegidos y semiprotegidos (bahías, esteros y lagunas costeras).

La segunda solución a este problema es la que ha motivado el presente trabajo. El desarrollar maricultivos es un problema relativamente complejo. Es necesario realizar experimentos a nivel de planes piloto para obtener experiencias, que nos lleven a determinar qué especies son comercialmente cultivables y cuáles son los métodos de cultivo más adecuados. La Unidad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, está tratando de desarrollar un programa de maricultivos en la Península de Baja California. Por su cercanía al lugar donde se localiza la Unidad de Ciencias Marinas, y por sus facilidades de acceso, el estero de Punta Banda se ha considerado como el lugar ideal para llevar a cabo planes piloto de maricultivos.

Uno de los primeros pasos, para el desarrollo de maricultivos es el conocer la hidrología del lugar, así como los demás aspectos ecológicos que de diferentes maneras afectan las especies que se pretenden cultivar. El estero de Punta Banda ha sido pobremente estudiado hasta ahora. Walton (1955), estudió la ecología de los foraminíferos bentónicos en la Bahía de Todos Santos. En su estudio incluye una sección sobre los foraminíferos bentónicos del estero de Punta Banda, y una somera descripción de la temperatura y salinidad superficiales, para algunos meses del año. Benson (1959), estudió la ecología de ostrácodos recientes de la región de la Bahía de Todos Santos, incluyendo el estero de Punta Banda. Hubbs y Hubbs (1963), midieron la temperatura superficial, durante tres años en diferentes puntos de la costa entre la Jolla, California y Punta Eugenia, Baja California. Tres de sus estaciones estuvieron localizadas en el estero de Punta Banda. El es-

tero de Punta Banda ha sido considerado recientemente como un lugar donde se puede construir un puerto para embarcaciones pequeñas. O'Brien y Zeevaert (1969), presentaron un trabajo al respecto en la onceava Conferencia de Ingeniería Costera, en Londres, Inglaterra.

El objetivo del presente trabajo es el de estudiar la distribución superficial de la salinidad, temperatura, concentración de oxígeno disuelto y pH en el estero de Punta Banda; los cambios de esta distribución en función del tiempo, durante Otoño e Invierno y la variación diaria de estos parámetros. La salinidad, temperatura, concentración de oxígeno disuelto y pH del agua de mar, considerados como factores ecológicos que afectan a una especie cultivable, son muy importantes. El conocimiento de su variación en función del tiempo y el espacio es una herramienta que se puede utilizar para decidir las especies que se van a cultivar.

b) Descripción geográfica del área de trabajo.

La Bahía de Todos Santos se localiza entre las latitudes $31^{\circ} 40' N$ y $31^{\circ} 56' N$, y entre las longitudes $116^{\circ} 36' W$ y $116^{\circ} 50' W$. Es una bahía grande y abierta con un área aproximada de noventa millas cuadradas (Walton, 1955). El estero de Punta Banda, es una laguna costera localizada a lo largo de la orilla sureste de la bahía de Todos Santos (O'Brien y Zeevaert, 1969). El estero está separado de la bahía por una barra arenosa que se extiende de Punta Banda hacia el noroeste, con un poco más de siete kilómetros de longitud.

Benson (1959), menciona que el estero tiene dos millas de ancho; pero, con excepción de algunos períodos con mareas excesivamente altas, la zona con agua solamente alcanza un máximo de un kilómetro de ancho. El estero se caracteriza por un canal en forma de "L", con una profundidad máxima que no excede seis metros. Al este del canal se extiende una marea poco desarrollada cortada por canales sinuosos (Walton, 1955). La Secretaría de Marina de México llevó a cabo recientemente un estudio batimétrico y de desplazamiento de mareas en el estero (Hernández, comunicación personal).

No existe un aporte continuo de agua dulce al estero, pero durante los períodos de lluvia el aporte es considerable a través de los arroyos que se encuentran cerca de la boca del estero y a lo largo de la base de Punta Banda (Walton, 1955).

O'Brien y Zeeveart (1969) describen muy someramente los procesos geológicos de formación del estero. De acuerdo con ellos el estero de Punta Banda es la orilla de un valle (Maneadero) que fué formado por el hundimiento de un bloque localizado entre la península rocosa de Punta Banda y las tierras altas al norte de la boca del estero. La localización de las líneas de falla aún están marcadas por escarpes.

El valle fué una bahía profunda que posteriormente se llenó de sedimentos acarreados por los ríos de San Carlos y San Miguelito. No hay evidencias de un flujo substancial de agua dulce en años recientes. La barra arenosa que separa el estero, de la Bahía de Todos Santos ha creci-

do de Punta Banda hacia el norte durante épocas geológicas recientes.

METODOS DE OBTENCION DE DATOS:

Se realizaron seis muestreos de superficie, uno cada mes durante el período de octubre de 1972, a Marzo de 1973. En cada muestreo se cubrió el plan de estaciones mostrado en la figura 1. La localización de las estaciones de muestreo se determinaba en el campo por estimación yéndose en puntos fijos en la costa. El error estimado de la localización se considera no mayor de 10 metros. Cada muestreo se inició aproximadamente a las 07:00 horas y se finalizó en aproximadamente 5 horas.

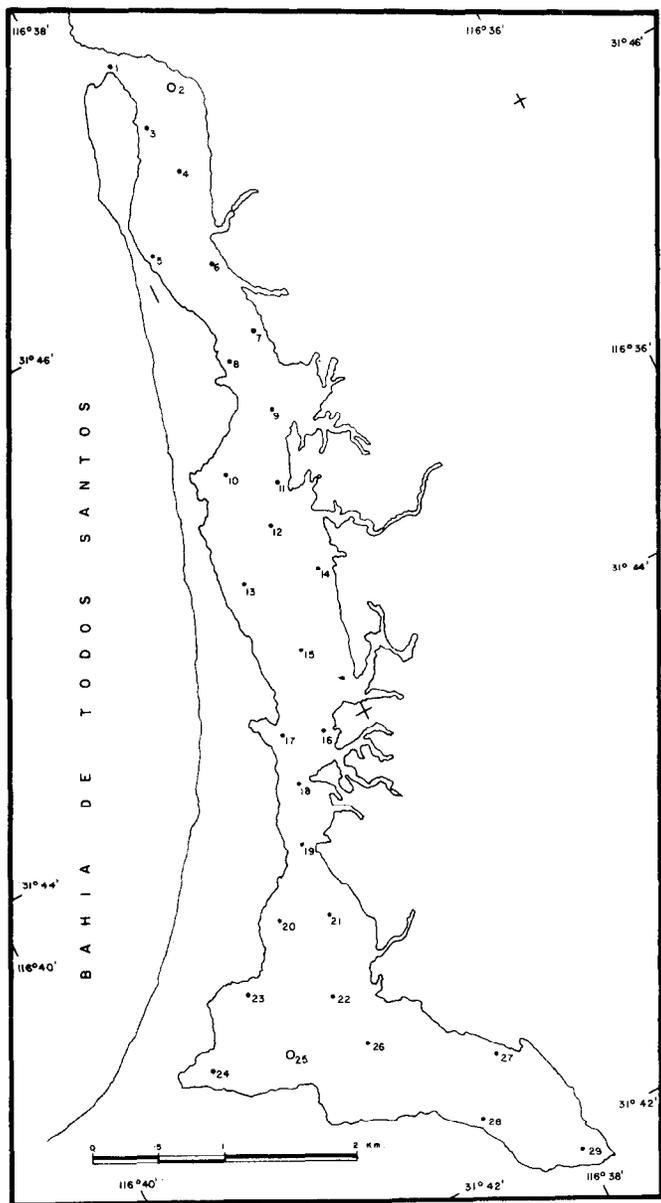


Fig.1. Localización hidrográfica de las estaciones utilizadas en el presente trabajo.

Al estar ocupando cada estación se determinó la temperatura, el pH y las condiciones meteorológicas y se colectaron muestras de salinidad y oxígeno disuelto para su posterior análisis en el laboratorio. Las variables meteorológicas anotadas fueron: magnitud y dirección de la velocidad del viento; por ciento de nubosidad y tipos de nubes; y en algunas estaciones la temperatura del aire.

Se efectuaron dos estudios de la variación diurna de los valores superficiales de temperatura, salinidad y concentración de oxígeno disuelto, así como temperatura del aire y demás condiciones meteorológicas. Estos estudios se realizaron en dos estaciones, una en la cabeza y otra en la boca del estero (fig. 1, círculos abiertos). El primero, se llevó a cabo de las 10:30 horas del día 8 de Febrero a las 08:30 horas del día 9 de Febrero, en la estación de la cabeza del estero; y el segundo se llevó a cabo de las 09:00 horas del día 14 de Febrero a las 07:00 horas del día 15 de Febrero en la estación de la boca del estero. Los muestreos se realizaron a intervalos de dos horas.

Las determinaciones de pH, se hicieron utilizando electrodos de vidrio y un potenciómetro de batería Orión, modelo 407. Para las determinaciones de la concentración de oxígeno disuelto se utilizó el método-macro-Winkler descrito por Strickland y Parsons (1966). Las determinaciones de salinidad se llevaron a cabo mediante la medición de la conductividad relativa de las muestras utilizando un salinómetro Beckman, modelo 118W200. Para calcular la solubilidad de oxígeno disuelto se utilizó un nomograma basado en los datos de Green (1965). Con los valores de solubilidad y los de la concentración de oxígeno medidos, se obtuvo el porcentaje de saturación según la siguiente fórmula: % sat. = $(O_2/O'_2) \bar{X}$ 100, donde O_2 es el oxígeno medido y O'_2 es la solubilidad del oxígeno.

RESULTADOS.

a) Resultados para Otoño.

Durante Otoño se realizaron tres cruceros. El primero se efectuó el 14 de Octubre, el segundo el 28 de Noviembre y el tercero el 20 de Diciembre.

Para el mes de Octubre la distribución de temperatura fue bastante regular (fig. 2). La temperatura aumentó progresivamente de la boca hacia el interior del estero, pasando por un máximo en la zona cercana al vértice de la "L", para luego disminuir hacia la cabeza del estero. El mínimo registrado fue de 18.5°C, y el máximo fue de 21.2°C. La distribución de salinidad fue muy similar a la de la temperatura (fig. 3). En general la salinidad aumentó de la boca del estero hacia la cabeza, mostrando un gradiente casi exclusivamente en el sentido longitudinal del estero. El mínimo de salinidad fue de 33.53‰ y se registró cerca de la boca del estero; y el máximo fue de 35.20‰, en la cabeza. La concentración de oxígeno disuelto muestra gradientes no sólo en el sentido longitudinal del estero sino también en el sentido transversal (fig. 4). El gradiente en el sentido transversal se muestra más claramente en la mitad externa del estero, de la boca hacia el interior. En general se registraron valores más bajos de la concentración de oxígeno disuelto en la parte cercana a la orilla sureste del estero. El gradiente en el sentido longitudinal se muestra más claramente en el extremo interno del estero, con los valores más bajos en la cabeza. El valor mínimo fue de 3.92 ml/l y se registró en la parte adyacente a la barra, cercana a la boca. La distribución del porcentaje de saturación de oxígeno fue muy similar a la de la concentración de oxígeno disuelto (fig. 4 y 5). El valor más bajo fue de 74%, y corresponde al mínimo de concentración de oxígeno disuelto. El máximo de 111%, habiéndose registrado en la parte adyacente a la orilla sureste, cercana a la cabeza (fig. 5) la distribución del pH es también muy similar a la de la concentración de oxígeno disuelto (fig. 4 y 6). Los valores mayores de pH se registraron en la zona cercana a la boca del estero (fig. 6), con un máximo de 8.22. El mínimo registrado fue de 8.00 y corresponde al mínimo de concentración de oxígeno disuelto. El gradiente de pH en sentido longitudinal del estero se empieza a notar de la parte media hacia el interior. En la cabeza del estero se registraron en general valores bajos, que se correlacionan con los valores también bajos de la concentración de oxígeno disuelto.

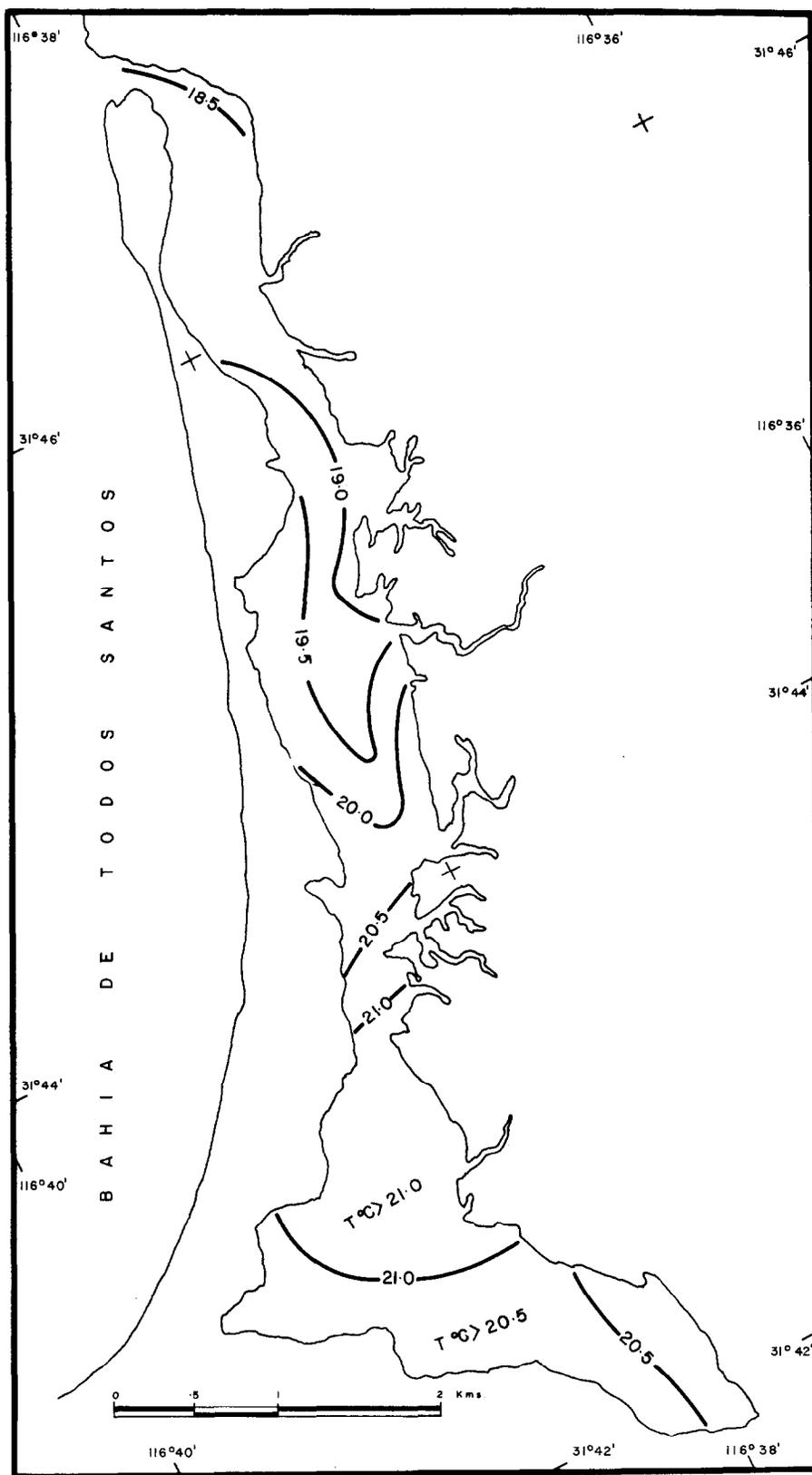


Fig.2. Distribución superficial de temperatura (T°C) para el crucero de octubre.

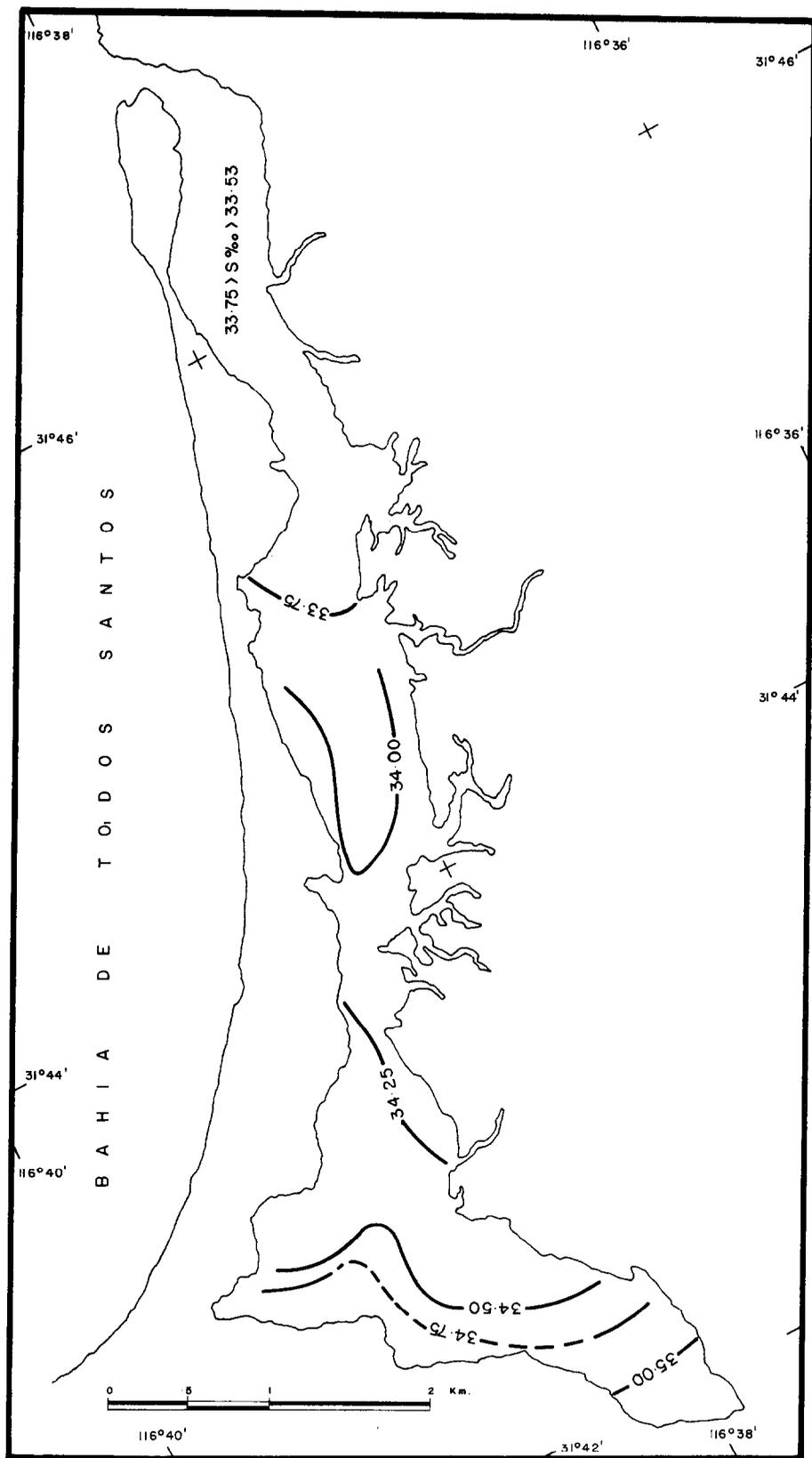


Fig.3. Distribución superficial de salinidad (S‰) para el crucero de octubre.

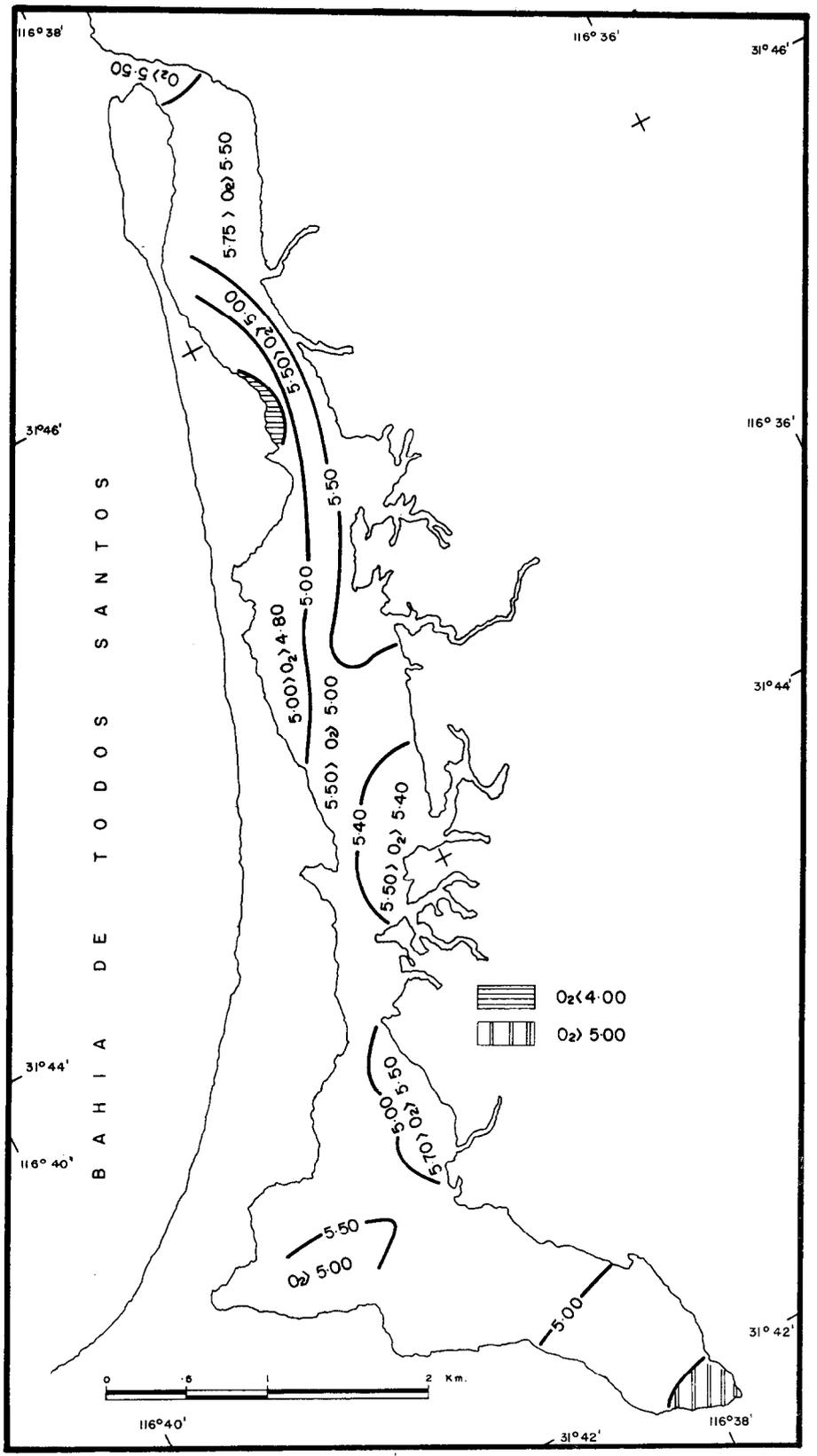


Fig.4. Distribución superficial de la concentración de oxígeno disuelto (ml/l) para el crucero de octubre.

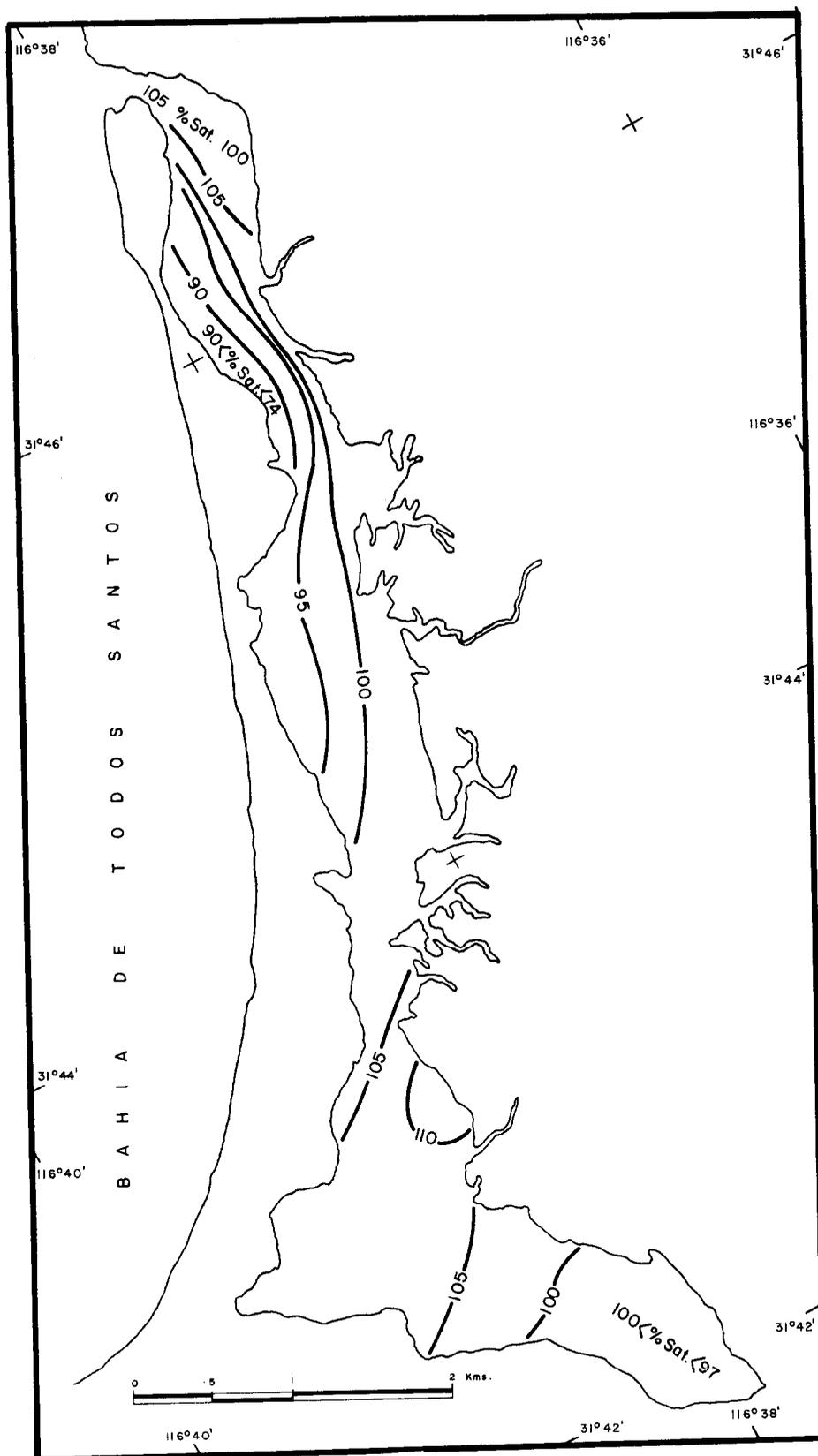


Fig.5. Distribución superficial de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para el cruce de octubre.

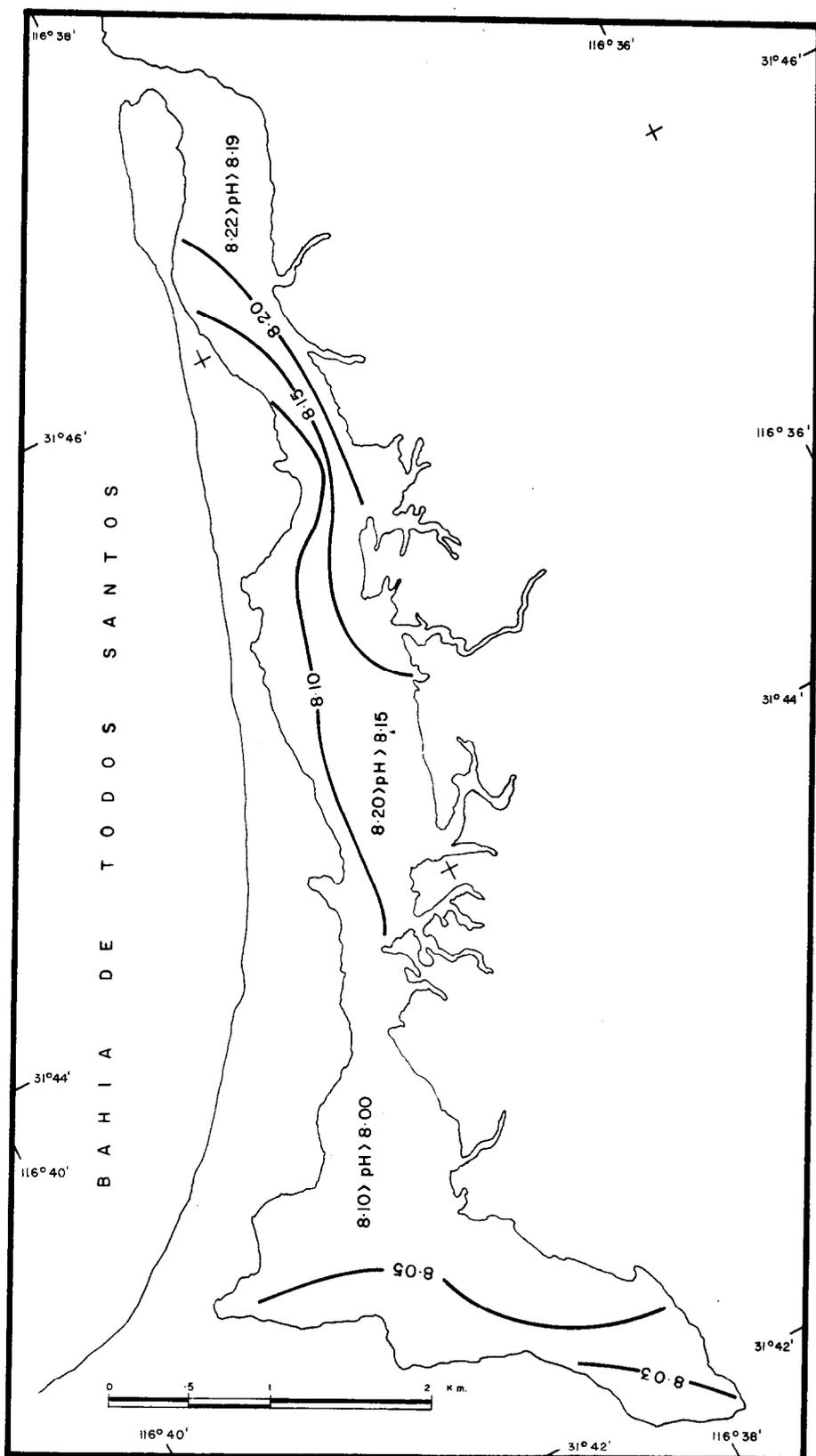


Fig.6. Distribución superficial de pH para el crucero de octubre.

Para el mes de noviembre el comportamiento de las isotermas fué muy similar al de las del mes de octubre (fig. 2 y 7). En general la temperatura fué más baja en la zona cercana a la boca del estero y más alta en la zona de la cabeza (fig.7). Para el mes de Noviembre la temperatura fué en general 3°C más baja que para el mes de octubre. La temperatura mínima fué de 16.0°C y se registró en la boca del estero. La máxima fué de 17.6°C y se registró en la cabeza. A diferencia del mes de Octubre, la distribución de la salinidad para el mes de Noviembre muestra no solamente un gradiente en el sentido longitudinal del estero, sino también en el sentido transversal (fig. 8). En general la zona de la boca del estero tuvo valores más bajos de salinidad que los de la zona de la cabeza; y los valores de la zona adyacente a la barra son también más

bajos que los de la zona cercana a la orilla sureste. el valor máximo registrado fué de 33.98‰ en la cabeza del estero, y el mínimo fué de 33.64‰ en la boca. La distribución de la concentración de oxígeno disuelto, del porcentaje de saturación de oxígeno y del pH, fueron muy irregulares para Noviembre. No existió una tendencia particular de variación de estos parámetros, por lo cual no se presenta ninguna gráfica mostrando su distribución espacial. Sus máximos y mínimos respectivamente fueron: 5.77 ml/l y 4.05 ml/l; 105% y 72.0%; 8.27 y 8.03. Es de hacerse notar que en la estación 15 (fig.1) se registraron valores de temperatura, concentración de oxígeno disuelto y pH considerablemente más elevados que en sus alrededores, mostrando una intercon-sistencia tal que hace suponer que son reales.

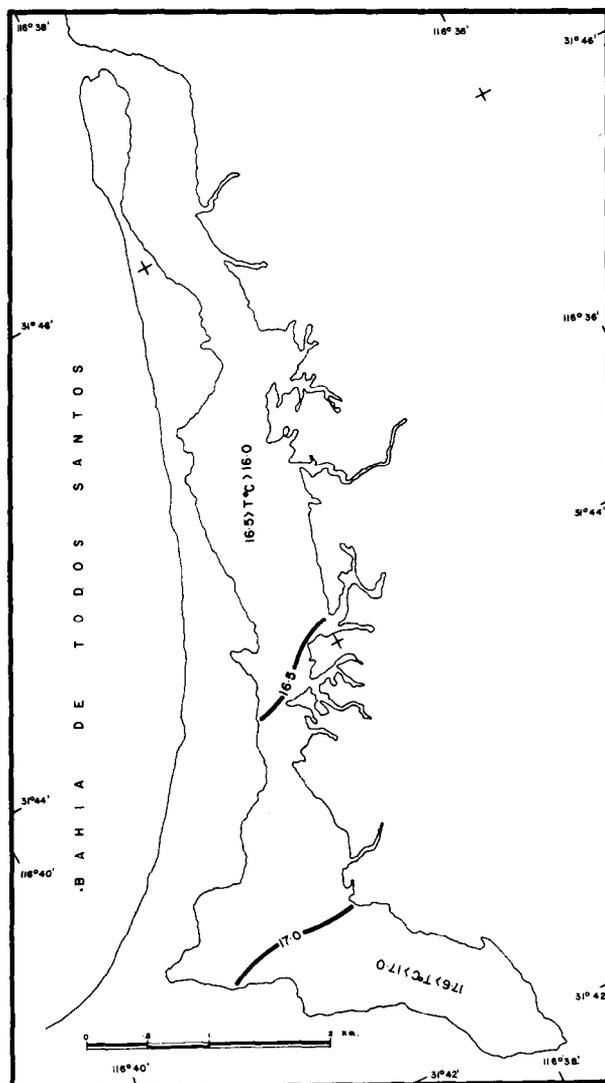


Fig.7. Distribución superficial de temperatura (T°C) para el crucero de noviembre.

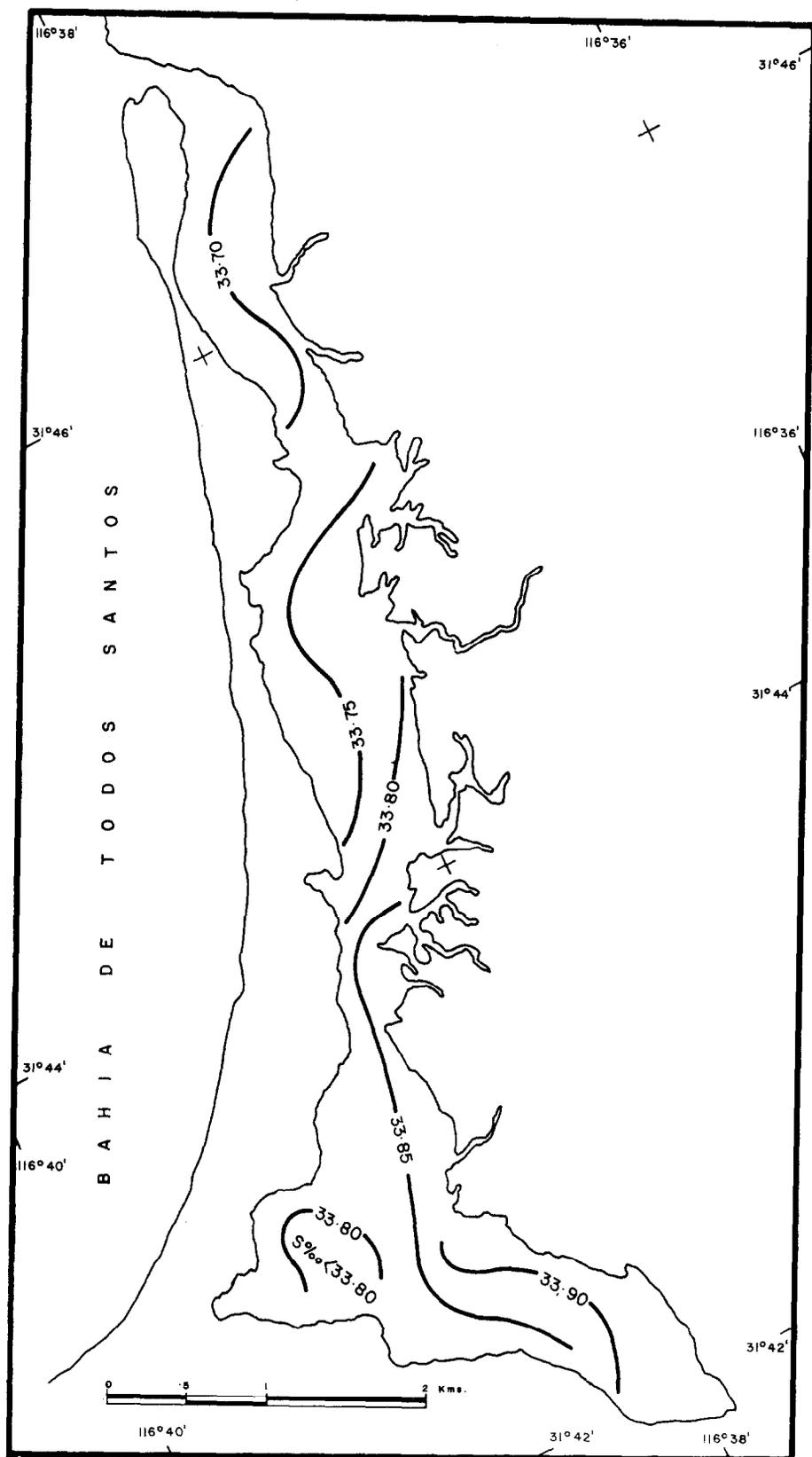


Fig.8. Distribución superficial de salinidad (S‰) para el crucero de noviembre.

La información obtenida en el crucero del 20 de Diciembre, se puede considerar como representativa del final de otoño y el principio de invierno. Las condiciones hidrológicas fueron muy uniformes durante este crucero. En general no existió una tendencia particular de variación de los diferentes parámetros, por lo cual no se presentan gráficas mostrando su distribución espacial. Sus máximos y mínimos fueron respectivamente: 17.8°C y 16.4°C ; 35.08‰ y 34.04‰ ; 5.53 ml/l y 4.63 ml/l ; 101% y 82% ; 8.19 y 8.02 .

b) Resultados para Invierno.

Durante invierno se realizaron tres cruceros. El primero se efectuó el 27 de Enero, el segundo el 21 de Febrero, y el tercero el 28 de Marzo. Aunque el tercer crucero se realizó a principios de primavera, las condiciones estudiadas durante él se pueden considerar también como representativas del final de invierno.

En el crucero de enero no se pudieron ocupar las estaciones 27, 28 y 29 (fig.1), por las condiciones de baja marea. Para este crucero la distribución de temperatura presentó en general la misma tendencia de aumentar de la boca hacia la cabeza del estero (fig.9). Pero a diferencia de las distribuciones de temperatura para los meses anteriores, la de Enero presentó gradientes también en el sentido transversal, que la hicieron más compleja. En la zona cercana a la boca del estero, y en la parte media del mismo la temperatura fue más elevada cerca de la barra que cerca de la orilla sureste. Pero en la zona comprendida entre las dos anteriores, la situación fue inversa (fig.9). El gradiente en el sentido longitudinal se mostró más claramente en la parte interna del estero. El mínimo de temperatura fue de 12°C y se registró en la estación once; y el máximo fue de 15.2°C , en el vértice

de la "L". La distribución de salinidad para enero fue similar a la de noviembre, presentando gradientes en el sentido longitudinal y transversal del estero (fig.10). En general la salinidad fue menor en la boca que en la cabeza del estero; y fue también menor en la zona cercana a la barra que en la zona cercana a la orilla sureste. El gradiente en el sentido longitudinal fue más acentuado en la zona cercana a la boca, y el gradiente en el sentido transversal fue más acentuado en la parte media del estero (fig. 10). El mínimo de salinidad fue de 33.94‰ , y se registró en la boca del estero. El máximo fue de 34.21‰ , en el vértice de la "L". La distribución de la concentración de oxígeno disuelto tuvo también gradientes en el sentido longitudinal y transversal, pero fue más compleja que las de temperatura y salinidad (fig.11). La parte más compleja de la distribución de la concentración de oxígeno disuelto se presentó en la zona media del estero. A diferencia del mes de octubre, en enero los valores fueron en general más bajos en la boca del estero que en la cabeza (fig. 4 y 11). El mínimo de la concentración de oxígeno disuelto para enero fue de 4.90 ml/l , y se registró cerca de la orilla sureste, en la parte media del estero el máximo fue de 7.04 ml/l , en la cabeza del estero. La distribución de porcentaje de saturación de oxígeno, (fig. 12), fue muy similar a la de la concentración de oxígeno disuelto. El valor mínimo fue de 80% y corresponde al mínimo de concentración de oxígeno disuelto. El máximo fue de 120% y también corresponde al máximo de concentración de oxígeno disuelto.

Consistentemente con la distribución de la concentración de oxígeno disuelto.

La del pH también presentó valores más bajos en la boca que en la cabeza del estero (fig. 13). Pero la distribución de pH es más regular que la de la concentración de oxígeno disuelto. El mínimo de pH fue de 8.06 , y se registró cerca de la boca del estero. El máximo fue de 8.39 y se registró en la zona de vértice de la "L".

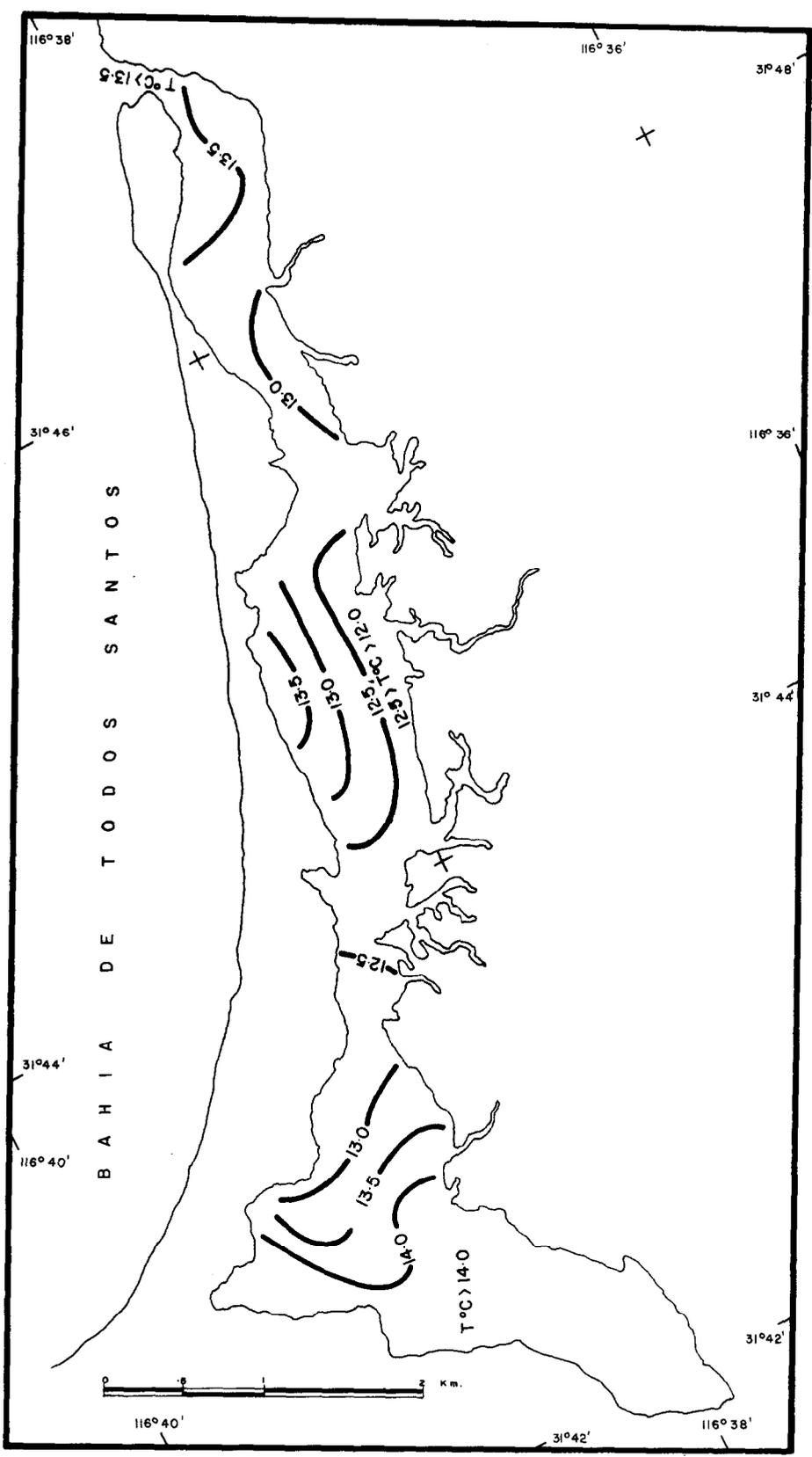


Fig.9. Distribución superficial de temperatura (T°C) para el crucero de enero.

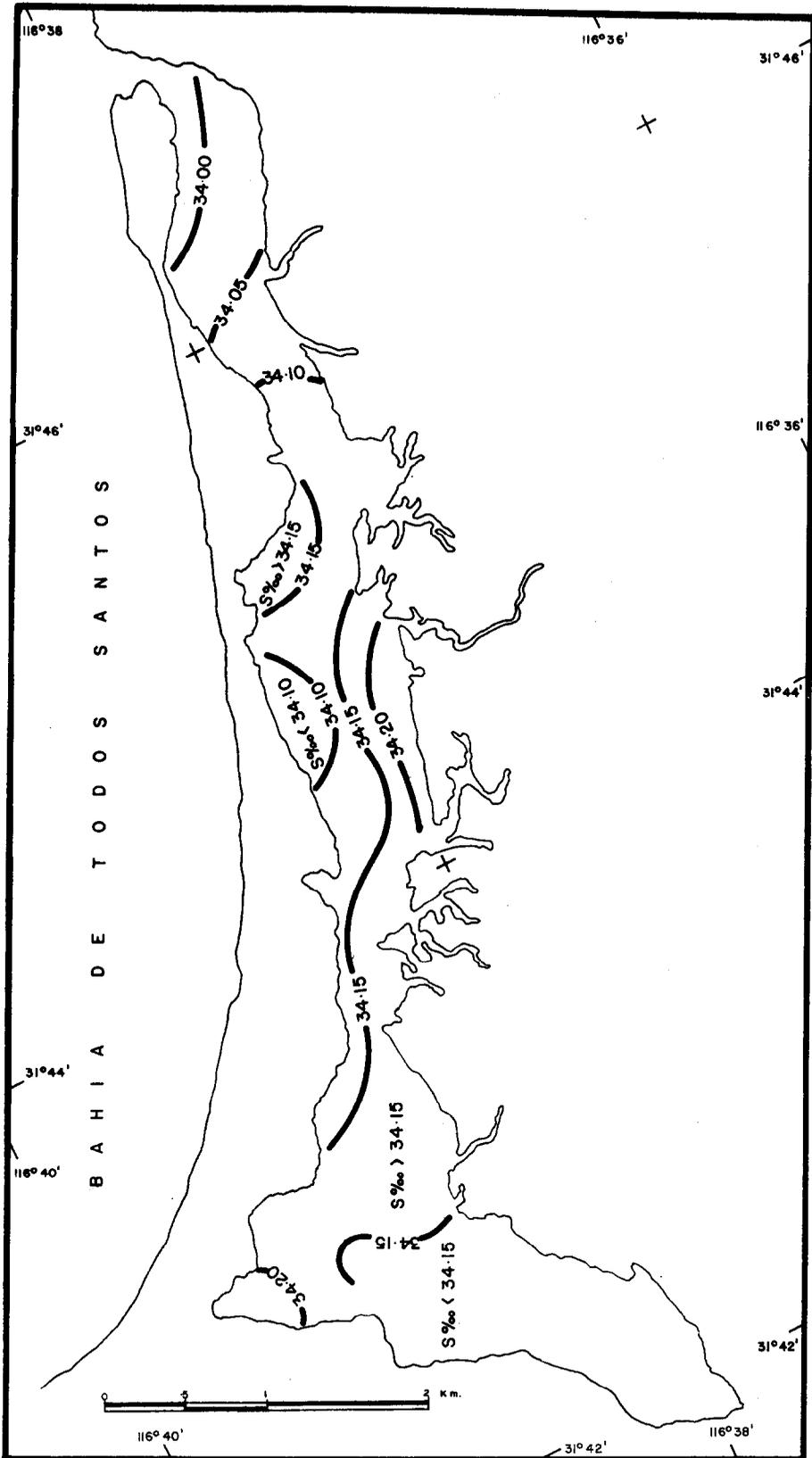


Fig.10. Distribución superficial de salinidad (S‰) para el crucero de enero.

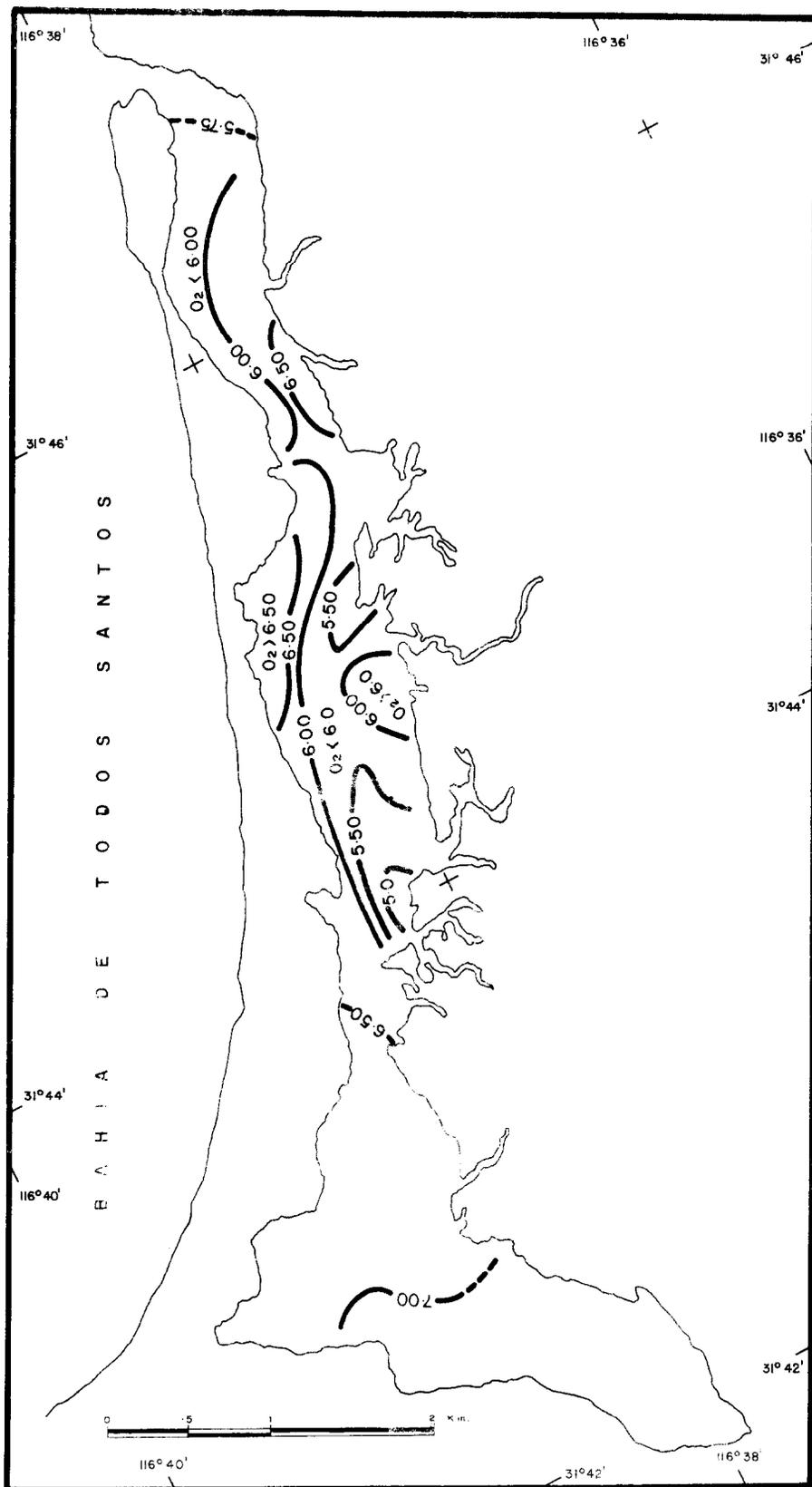


Fig.11. Distribución superficial de la concentración de oxígeno disuelto (ml/l) para el crucero de enero.

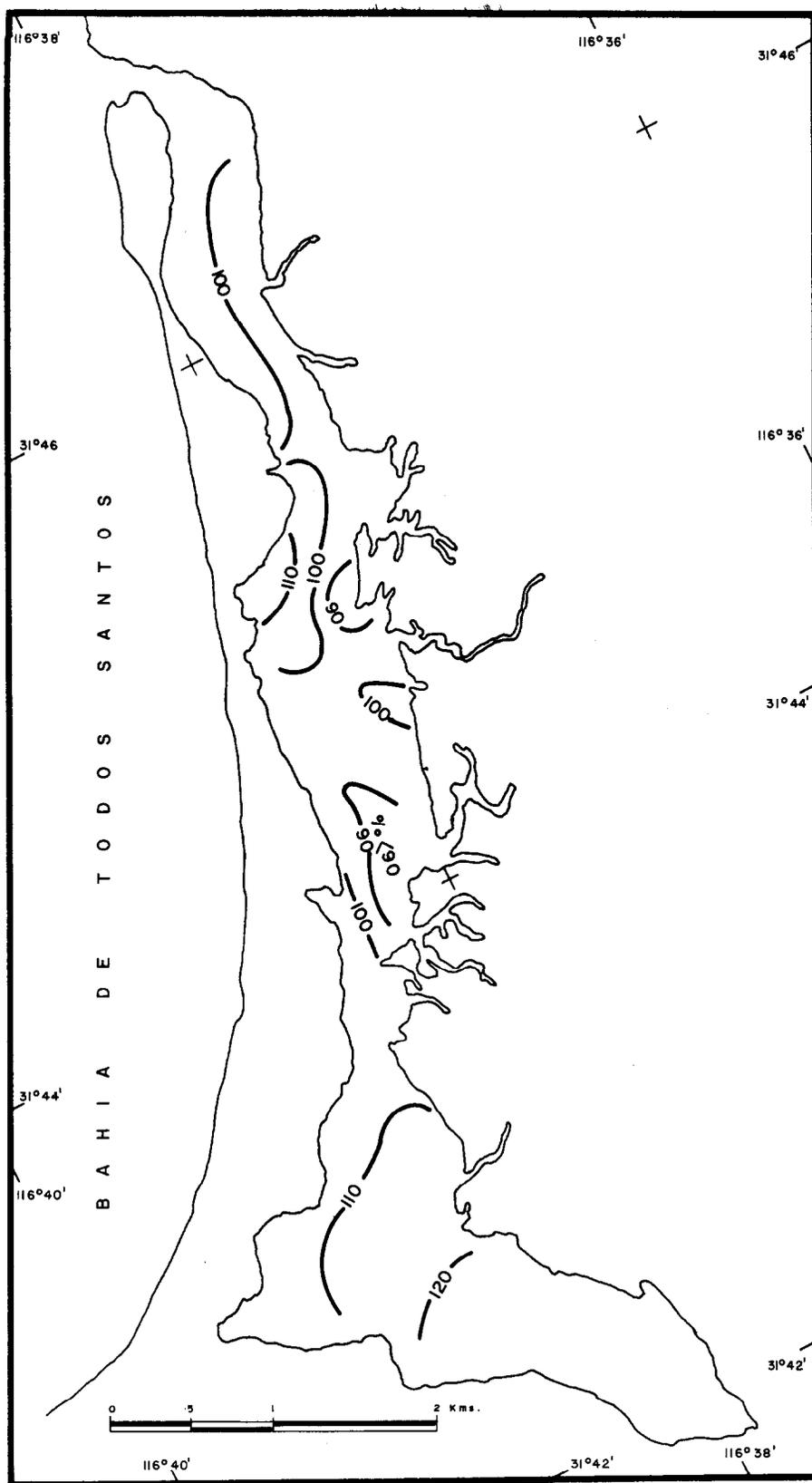


Fig.12. Distribución superficial de porcentaje de saturación de oxígeno (%) para el crucero de enero.

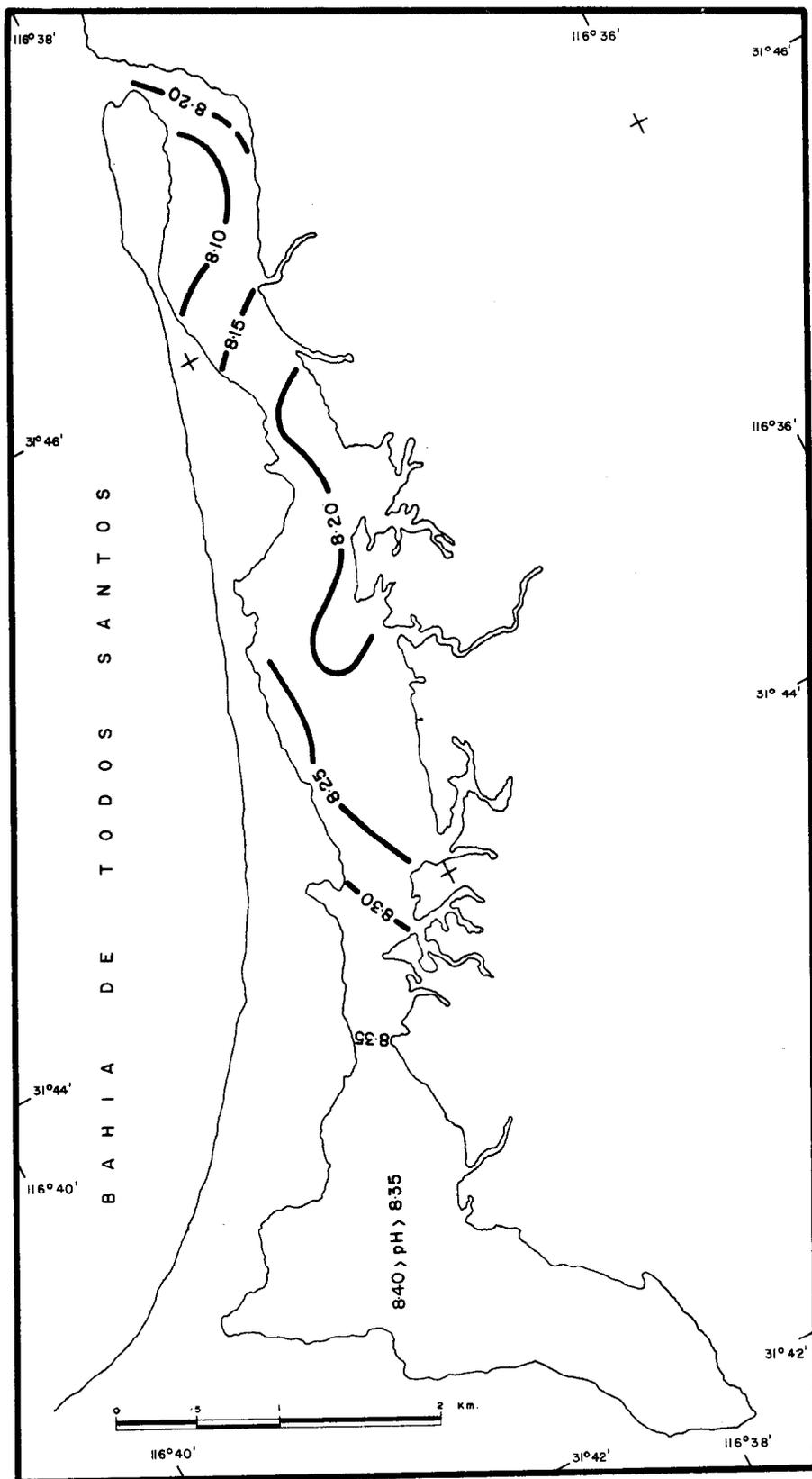


Fig.13. Distribución superficial de pH, para el crucero de enero.

Para el mes de febrero la distribución de temperatura fué muy homogénea. Los valores de temperatura fueron casi constantes. De las estaciones 3 a 29, la temperatura registrada fué de 14.0°C . En la estación 1 fué de 13.5°C , y en la 2 fué de 13.0°C . La distribución de salinidad fué también muy homogénea, con valores casi constantes. El mínimo de salinidad fué de 33.75‰ , y el máximo fué de 33.92‰ . En general existió una pequeña tendencia de la salinidad a aumentar de la boca hacia la cabeza del estero. La distribución de la concentración de oxígeno no disuelto presentó un gradiente en el sentido longitudinal en la mitad

externa del estero, con los valores decreciendo de la boca hacia el interior (fig. 14). En la zona adyacente al vértice de la "L" se presentó un gradiente transversal de la concentración de oxígeno disuelto, con valores más altos cerca a la orilla suroeste. El valor mínimo fué de 3.39 ml/l , registrado cerca de la barra, en la zona del vértice de la "L". El máximo fué de 3.76 ml/l , en la boca del estero. Las distribuciones del porcentaje de saturación de oxígeno y del pH fueron muy uniformes, sin mostrar ninguna estructura. Los mínimos y los máximos fueron, respectivamente: 57% y 64% ; 8.00 y 8.11 .

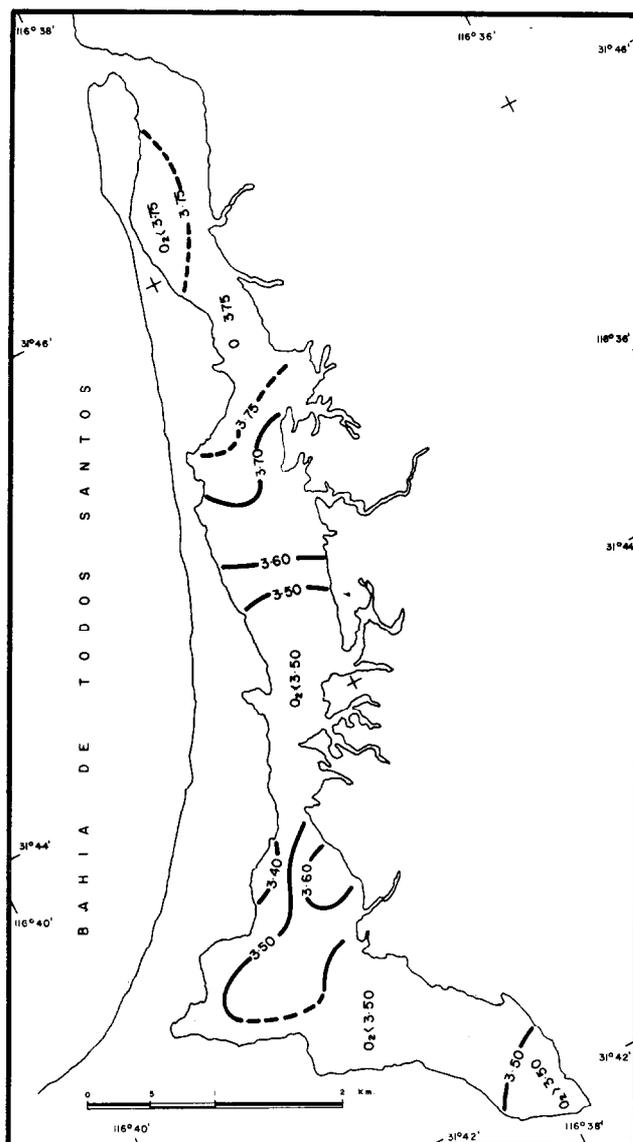
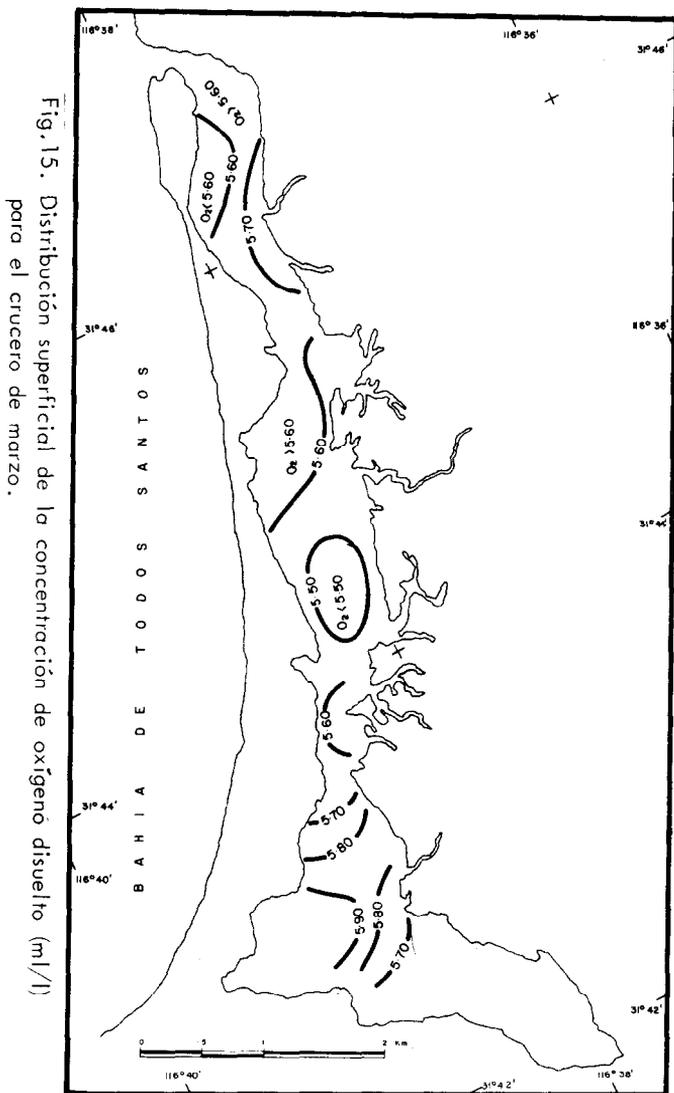


Fig.14. Distribución superficial de la concentración de oxígeno disuelto (ml/l) para el crucero de febrero.

En el crucero de marzo no se ocuparon las estaciones 24, 27, 28 y 29 (fig. 1), debido a las condiciones de baja marea. La distribución de temperatura para marzo fué muy homogénea. La temperatura presentó una ligera tendencia a aumentar hacia la cabeza del estero, en la zona del vértice de la "L". Pero en el resto del estero fué casi constante. El valor mínimo fué de 15.1°C , en la parte media del estero. El máximo fué de 16.2°C , cerca de la cabeza. La distribución de salinidad fué bastante homogénea. Se presentó una tendencia ligera de los valores de salinidad a disminuir de la boca hacia la parte media, y luego aumentar de ahí a la cabeza del estero. El valor mínimo fué de 33.25‰ en la parte media del estero, cerca de la barra. El máximo fué de 33.81‰ , cerca de la cabeza. La distribución de la concentración de oxígeno disuelto fué relativamente compleja (fig. 15). En

la zona adyacente a la boca del estero se presentó un gradiente transversal, con los valores menores cerca de la barra. En la parte media del estero se encontraron los valores más bajos. El mínimo fué de 5.40 ml/l .

El máximo fué de 5.96 ml/l , en la zona del vértice de la "L". La distribución del porcentaje de saturación de oxígeno fué muy homogénea, con una ligera tendencia a aumentar hacia la cabeza del estero. El mínimo del porcentaje de saturación de oxígeno fué de 93% , en la parte media del estero. El máximo fué de 104% , en la zona del vértice de la "L". La distribución de pH fué relativamente homogénea. Se presentó un aumento de la boca hacia el interior, luego una disminución para llegar a un mínimo en la parte media del estero; finalmente, un ligero aumento hacia la cabeza. El pH mínimo fué de 8.38 , cerca de la orilla sureste. El máximo fué de 8.50 , cerca de la boca del estero (fig. 16).



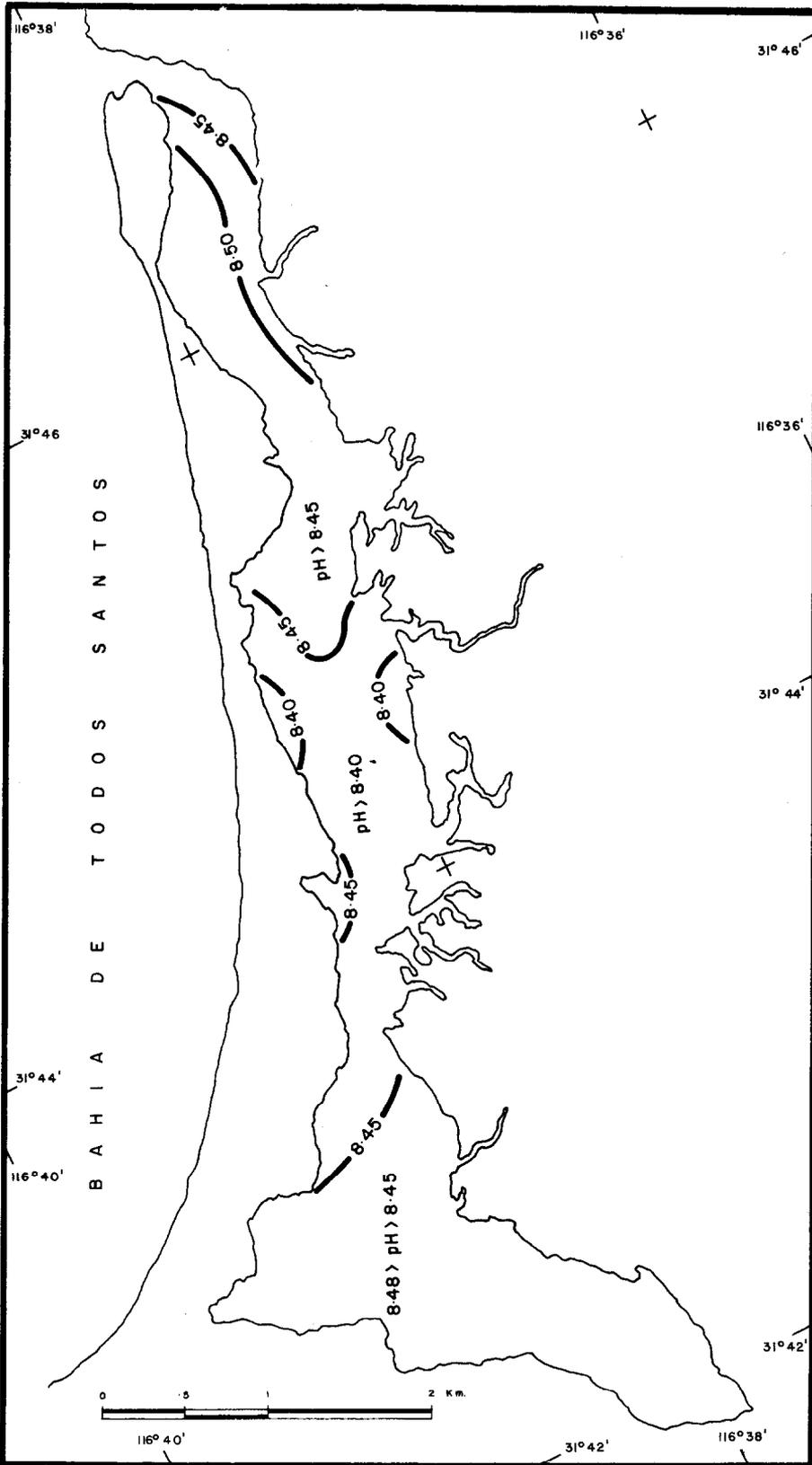


Fig.16. Distribución superficial de pH para el crucero de marzo.

c) Resultados del estudio de la va
riación diurna.

Como se mencionó en el capítulo anterior, se efectuaron dos estudios de la variación diurna de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto y porciento de saturación de oxígeno. Los resultados para la estación 25 (cerca de la cabeza del estero) se muestran, en la figura 17. Todos los parámetros presentaron variaciones de tipo periódico, aunque, como se puede observar, no son variaciones simples y no existe una correlación completa entre ellos (fig.17). El máximo de temperatura fué de 17.0°C y se registró a las 14.30 hrs. El mínimo fué de 14.2°C y se registro a las 04.30

hrs. La salinidad presentó dos máximos y dos mínimos muy bien marcados. Los máximos fueron 34.15‰, y 34.16‰ y correspondieron a las 20:30 hrs. y 06.30 hrs., respectivamente, los mínimos fueron 34.00‰, y 34.02‰, y correspondieron a las 12:30 y 02:20 hrs., respectivamente. Como es de esperarse, el comportamiento de la concentración de oxígeno no disuelto y del porciento de saturación de oxígeno es muy similar. La concentración de oxígeno disuelto, presentó varios máximos y mínimos (3). El máximo más acentuado fué de 4.39 ml/l, correspondiendo a las 06:30 Hrs. El mínimo más acentuado fué de 3.45 ml/l y correspondió a las 8:30 horas. El máximo de porciento de saturación de oxígeno que corresponde a las 06:30 hrs. fué de 80%.

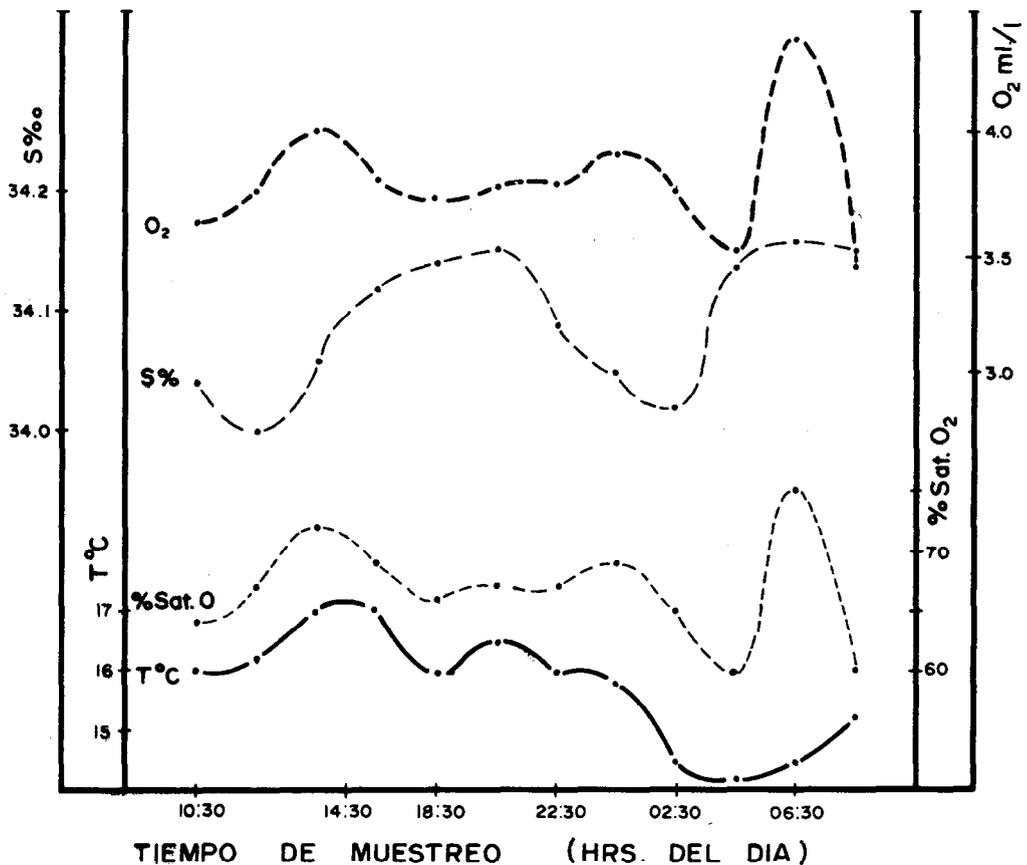


Fig.17. Variación de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto y porciento de saturación de oxígeno, durante un ciclo diurno (10:30 del 8 a 08 :30 del 9 de febrero), en la estación 25 (en la cabeza del estero).

Los resultados para la estación 2 (cerca de la boca del estero) se muestran en la figura No. 18. En este caso, la temperatura también presentó solamente un máximo y un mínimo claramente establecidos. El máximo fue de 18.0°C y se registró a las 13:00 hrs. El mínimo fue de 14.8°C y se registró a las 23:00 hrs. La salinidad mostró también solamente un mínimo y un máximo bien definidos, a diferencia de la estación 25 donde la salinidad mostró dos mínimos y dos máximos. El máximo fue de 33.79‰ y correspondió a las 01:00 y 03:00 hrs. El mínimo fue de 33.58‰ y correspondió a las 15:00 hrs. La concentración de oxígeno presentó de nuevo tres máximos y tres mínimos, como es el caso de la estación 25. El máximo más acentuado fue de 4.92 ml/l, y correspondió a las 21:00 hrs. El mínimo más acentuado fue de 3.72 ml/l y correspondió a las 01:00 hrs. El máximo de concentración de oxígeno disuelto corresponde a un máximo de por ciento de saturación igual a 83% y el mínimo corresponde a un mínimo de por ciento de saturación de 64%. Este mínimo de por ciento de saturación se presentó a las 01:00, y a las 19:00 hrs.

DISCUSIONES.

a) Generalidades.

Odum (1969) incluye los esteros dentro de la clasificación de "Aguas de estuario". De acuerdo con él los esteros pueden producir peces y otros alimentos marinos, (os tras, camarones, etc.). Por otra parte, sirven también como lugares de cría especies neríticas. En efecto, el camarón peneide, el sábalo y otras especies pueden pasar la parte primera de su vida en estero alimentándose del plancton y de los detritus abundantes, para salir luego a las aguas frente a la costa, donde acaban eventualmente por ser cosechados por el hombre. Así pues el estero, sobre todo si es somero extenso en su área y "lodoso", puede efectuar una contribución importante a la producción de las aguas de la costa.

Algunas personas que han vivido en la orilla del estero, de Punta Banda por muchos años, han expresado que durante el principio de la primavera se observan miles de anchovetas en estadio juvenil en el interior del estero.

Odum (1969), expresa que la alta productividad potencial de los esteros (mediante la práctica de maricultivos) no ha sido apreciada suficientemente por el hombre el cual los ha clasificado con frecuencia como áreas sin "valor" y buenos

únicamente para verter en ellos los materiales de desecho.

Margalef (1969), confirmó lo anterior diciendo que en comparación con el mar, con el que están comunicados temporal o permanentemente, los esteros representan ecosistemas menos organizados, que periódicamente ofrecen gran cantidad de alimento no consumido directamente en el propio estero. Por esto, constituyen áreas de cría o de alimentación para especies migrantes de amplio espectro ecológico y precedentes del mar abierto. Además pueden utilizarse como centros experimentales para la cría y cultivo de animales marinos potencialmente útiles.

La Secretaría de Marina tiene un proyecto para transformar el estero de Punta Banda en un puerto para yates, como parte del programa de desarrollo turístico de Baja California. Las transformaciones del estero, que esto implicará, seguramente afectarán su ecología y consecuentemente la de la Bahía de Todos Santos y el área oceánica frente a ella. Los efectos que sufran las especies de valor comercial estarán directamente correlacionados con los cambios de tipo físico y químico en el estero, por ser éstos la base de los cambios en todos los niveles del ecosistema. Muy frecuentemente, los cambios físicos y químicos implican cambios en la dominancia de ciertas especies. Si esto sucede a nivel de productores primarios puede llegar a afectar toda la cadena alimenticia. Un ejemplo de esto fue lo que sucedió en Great South Bay, Nueva York, donde un cambio de la concentración relativa de los nutrientes (nitrógeno disuelto en forma de nitratos, urea, etc., y fósforo disuelto en forma de fosfatos) provocó un cambio en la especie dominante de fitoplancton. La nueva especie dominante, al no ser digerible por los ostiones del área, que se estaban explotando a escala industrial, causó el colapso de esta industria (Ryther, 1954).

En aguas protegidas y semi protegidas, el problema más grave lo acarrea no tanto las obras de ingeniería que implicaría el desarrollo de un puerto, sino el probable cambio ecológico debido a la incorporación de desechos, tales como aguas negras, desechos industriales, combustibles, etc. Esto se enfatiza por que lo que se tiene planeado para el estero de Punta Banda puede suceder para el resto de bahías y lagunas costeras de la península. El desarrollo urbanístico e industrial y el desarrollo de maricultivos, así como la conservación de las especies naturales, no son necesariamente conflic-

tivas. Basándose en estudios exhaustivos se puede llegar a un desarrollo simultáneo y armónico de estos 3 aspectos.

El conocimiento de la ecología del estero de Punta Banda antes de las transformaciones que pueda sufrir por el establecimiento de un puerto, o el desarrollo de maricultivos, puede servir de base de comparación con su ecología después de las transformaciones. El presente trabajo se puede considerar como una primera fase del conocimiento de la ecología del estero, en la que solamente se han incluido algunos parámetros físicos y químicos, como son los que se presentan anteriormente en los resultados.

La temperatura afecta los procesos químicos que suceden en los tejidos de animales y plantas. La salinidad afecta los organismos marinos a través del control de la densidad y de la presión osmótica (Moore, 1966). La concentración de oxígeno disuelto y el pH son útiles como indicadores de procesos fotosintéticos y de respiración, además de que pueden ser utilizados para detectar la presencia e intensidad relativa de contaminaciones orgánicas.

b) Discusión de los resultados.

Es necesario establecer explícitamente el hecho de que los muestreos en las diferentes estaciones no se realizaron simultáneamente, en los diversos cruceros. Esto sucede comúnmente en este tipo de trabajo. Generalmente se ocupaba la primera estación a una determinada hora (alrededor de las 07:00 horas) y la última aproximadamente 5 horas después. Se hubiera necesitado un número de embarcaciones, con equipo y personal, igual al número de estaciones para la toma simultánea de datos. Esto implica que los datos tomados en las últimas estaciones, no se pueden comparar directamente con los de las primeras, debido a que durante el tiempo que se requiere para llegar a las últimas los parámetros cambian por efecto de las mareas, luz solar, temperatura del aire, evaporación, actividad biológica, etc. Sin embargo como una primera aproximación a la realidad se asumió la simultaneidad de los datos y se construyeron las gráficas de distribución espacial de los diferentes parámetros, presentados en los resultados. El objetivo de ocupar dos estaciones, una cerca de la boca y otra cerca de la cabeza del estero, por 22 horas, fue el de conocer las variaciones en función del tiempo cuando la localización no cambia, para poder interpretar mejor las gráficas de distribución mostradas en las figuras 2 a 16 ade

más de tener una idea más completa de los cambios a través de un ciclo diurno. Solamente fué posible realizar el estudio de la variación diurna en una ocasión, que se pueda considerar como representativa de invierno.

Cabrera Muro (1972), estudió la distribución de temperatura en la Bahía de Todos Santos, en el período de Junio a Octubre de 1971. Comparando sus resultados para octubre con los del estero para el mismo mes, se observa que las aguas de la bahía presentan en general temperaturas más bajas. Frente a la boca del estero Cabrera Muro (1972), registró temperatura de 18.0°C, a 18.5°C, en octubre, mientras que en la boca del estero se registraron temperaturas de 18.5°C (fig. 2). Como parte del presente trabajo, y para relacionar los valores del estero con los de las aguas de la Bahía frente a la boca del mismo, se ocuparon algunas estaciones hidrográficas fuera del estero, el 28 de noviembre de 1972. No se presenta ninguna gráfica construida en base a los datos obtenidos en esas estaciones, pero en general los valores de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto y pH obtenidos de las aguas de la Bahía cercana a la boca del estero son similares a los de la boca misma.

Los gradientes de los diferentes parámetros, en el sentido longitudinal del estero, fueron más intensos en otoño que en invierno. Esto se debió a la incidencia mayor de energía solar durante otoño. En el caso del pH y la concentración de oxígeno disuelto, la actividad biológica más intensa en otoño afectó también los gradientes. Con excepción de los meses de diciembre y marzo, en que no hubo un gradiente de salinidad en el sentido longitudinal, claramente establecido, la salinidad fué mayor hacia el interior del estero (fig. 3, 8 y 10). Esto indica que la evaporación fué en general mayor que cualquier aporte de agua dulce. La situación que se presentó en diciembre y marzo probablemente se debió a la precipitación pluvial relativamente intensa de esos meses. La intensidad de las lluvias en diciembre fué tal que el aporte de agua dulce al estero, por escurrimiento, desarrolló un gradiente muy ligero con valores menores de salinidad hacia el interior del estero.

Para el mes de octubre la distribución de temperatura, concentración de oxígeno disuelto y pH, (fig. 2, 4 y 6) muestra consistentemente el efecto de la circulación. En ese crucero el muestreo comenzó

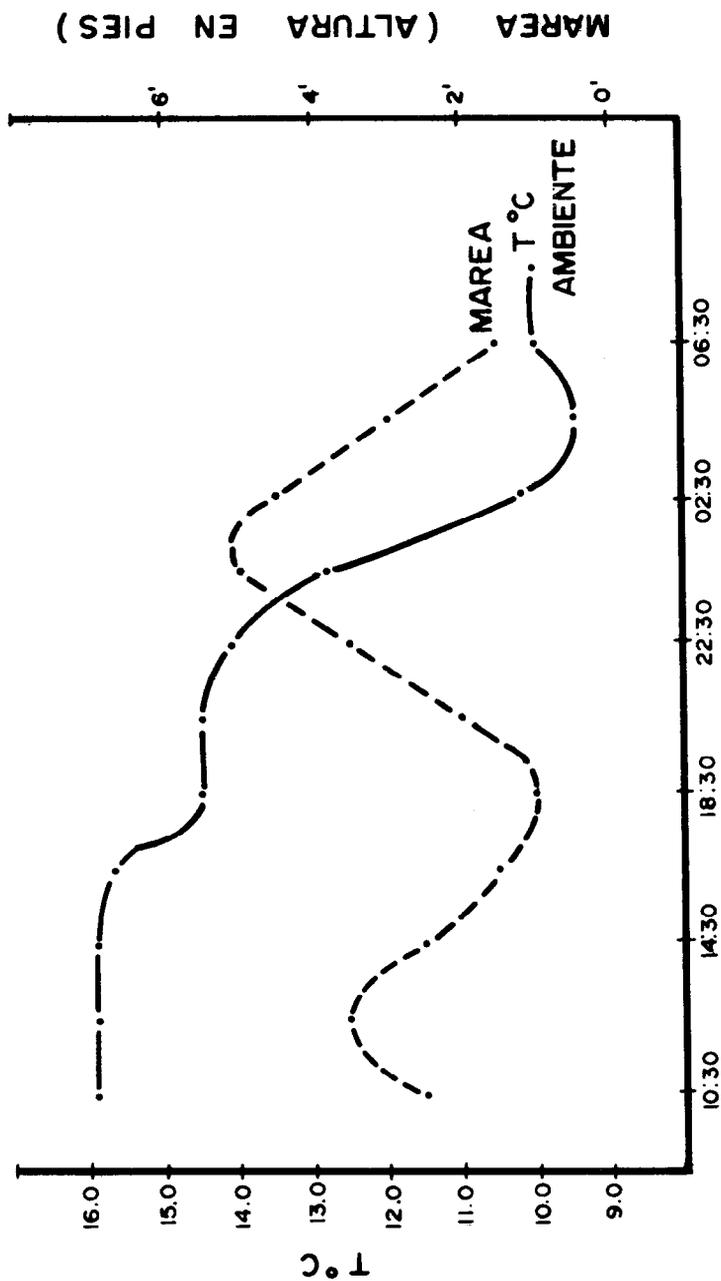
con el inicio del flújo. Los gradientes transversales de la concentración de oxígeno disuelto y de pH (fig. 4 y 6), en la zona cercana a la boca del estero muestran que el agua proveniente de la Bahía, más aereada que la del estero por efecto del oleaje, tendió a desplazarse por la orilla sureste del estero, causando una circulación en el sentido de las manecillas del reloj. Esto se corroboró visualmente observando la inclinación que presentaba la vegetación del fondo (*Zostera* sp). El consumo biológico de oxígeno en el estero es más intenso que en la Bahía, por la mayor concentración de detritus orgánicos en suspensión y por la presencia de altas concentraciones de materia orgánica en los sedimentos; sobre todo en los "lodos" de la cabeza del estero. El intercambio gaseoso entre las aguas del estero y la atmósfera es más lento debido al poco oleaje existente; comparado con una aereación intensa en las aguas que provienen de la Bahía por el efecto de la rompiente frente a la boca del estero. Esto provoca gradientes intensos de concentración de oxígeno disuelto y pH, en distancias relativamente cortas en el estero. El porcentaje de saturación de oxígeno (figura 5) para el mes de octubre fué menor de 100% cerca de la barra en la zona adyacente a la boca del estero; y en la zona de la cabeza del estero. Tomando en cuenta que el muestreo cerca de la boca se realizó a temprana hora, mientras que en la cabeza se realizó alrededor de medio día, la explicación de la anterior es que el alto consumo de oxígeno durante la noche hizo bajar su concentración abajo del nivel de saturación; luego a medida que pasaba la mañana, la producción de oxígeno por fotosíntesis, y la aereación por el pequeño oleaje que se formó al aumentar la intensidad del viento aumentó la concentración de oxígeno hasta una sobresaturación. En ese cruce el viento aumento de 0 a 5.3 mts/seg., de las 08.00, a las 13.00 horas. La parte extrema de la cabeza del estero, donde el agua es muy somera y existen "lodos" en el fondo, presentó concentraciones de oxígeno disuelto bajo el nivel de saturación aún después de la actividad fotosintética realizada durante la primera mitad del día. Los valores más bajos de porcentaje de saturación de oxígeno son relativamente comunes en lagunas costeras con fondos fangosos. Okuda (1969) reportó un valor superficial mínimo, de concentración de oxígeno disuelto de 0.6 ml/l en la laguna Unare, Venezuela. En general, el porcentaje de saturación de oxígeno aumentó de la boca hacia el interior del estero, por las razones mencionadas anteriormente

(fig. 5 y 12). El pH en general se comportó de una manera muy similar a la concentración de oxígeno disuelto (fig. 4, 6, 11 y 13).

La variación de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno en un punto fijo, a través de un ciclo diurno, se debe al efecto combinado de las mareas, irradiación solar, actividad biológica e intercambio de calor y de gases entre la atmósfera y el agua. En la estación cercana a la cabeza del estero (fig. 1 círculo abierto) el valor de la concentración de oxígeno disuelto registrado a las 06:30 horas, es dudoso (fig. 17). No existe una razón aparente para el aumento, y disminución sucesiva, de este parámetro, en ese período. Si no se toma ese punto en consideración, existe una correlación positiva entre los valores de la concentración de oxígeno disuelto y los de temperatura. Cuando la temperatura del agua aumenta, disminuye la solubilidad de los gases. Sin embargo la figura 17 muestra que en general la concentración de oxígeno aumentó al aumentar la temperatura. Esto se debió a que por un lado no podía escapar oxígeno a la atmósfera al aumentar la temperatura, por que su concentración estaba bajo el nivel de saturación (% sat. < 100); y por otro, la radiación solar, causante del aumento de temperatura, fué también causante de un aumento de producción de oxígeno por fotosíntesis. La disminución de la concentración de oxígeno disuelto y el aumento de salinidad, registrados después de las 14:30 horas, posiblemente se debió al transporte de agua de la cabeza del estero a la estación 25, por el reflujo de marea (fig. 17 y 19). El aumento de la concentración de oxígeno y disminución de la salinidad, registrados después de las 20:30 horas, probablemente se debió al transporte de agua de la boca del estero a la estación 25, por el flujo de marea (fig. 17 y 19). Si se toma en consideración que, de acuerdo con los resultados presentados anteriormente, la salinidad de la cabeza del estero es en general mayor que la salinidad de la boca, se puede observar que los cambios de salinidad a través de un ciclo diurno, en la estación 25, se correlacionan muy bien con la marea (fig. 17 y 19). Como las mareas del estero son del tipo semidiurno, las variaciones de salinidad a través de un ciclo diurno presentan dos máximos y dos mínimos. Los cambios de la temperatura se ven afectados no solamente por las mareas, sino por los cambios de la temperatura del aire; siendo en general más intenso este último efecto

to por ser mayor el rango de tempe-
raturas del aire que el rango de

temperaturas del agua superficial
del estero.



TIEMPO DE MUESTREO (HRS. DEL DIA)

Fig. 19. Variación de la temperatura del aire y altura de marea, durante un ciclo diurno (10 :30 del 8 a 08 :30 del 9 de febrero), en la estación 25 (en la cabeza del estero).

En la estación 2 (cerca a la boca del estero), los cambios de salinidad no presentaron la correlación con las mareas que se presentó en la estación 25 (fig. 18 y 20). Los valores de salinidad fueron más bajos en la estación 2 que en la 25. El comportamiento de la salinidad en la estación 2 se debió al aporte de agua dulce por escurrimientos. La estación 2 se ocupó una semana después de ocupar la estación 25, y se registraron lluvias durante esa semana. El comportamiento de la temperatura en la estación 2, mostró de nuevo el efecto combinado de la marea y la temperatura del aire (fig. 18 y 20). La concentración de oxígeno disuelto, y el porcentaje de saturación de oxígeno mostraron en general el mismo tipo de comportamiento que en la esta-

ción 25. El aumento pronunciado de la concentración de oxígeno, que se registró de las 19:00 a las 21:00, horas se puede explicar en función del flujo de marea que acarreo, hacia la estación 2, agua de la Bahía aerada al pasar por la rompiente frente a la boca del estero (fig. 18 y 20). Al igual que en la estación 25, en la estación 2 el porcentaje de saturación de oxígeno se mantuvo con valores bajo 100%. Esto se debió a la menor actividad fotosintética en febrero, y a la intensa descomposición de material orgánico en suspensión y del fondo. La distribución superficial del porcentaje de saturación de oxígeno para febrero presentó valores menores de 100% en todo el estero, como se menciona en los resultados anteriormente.

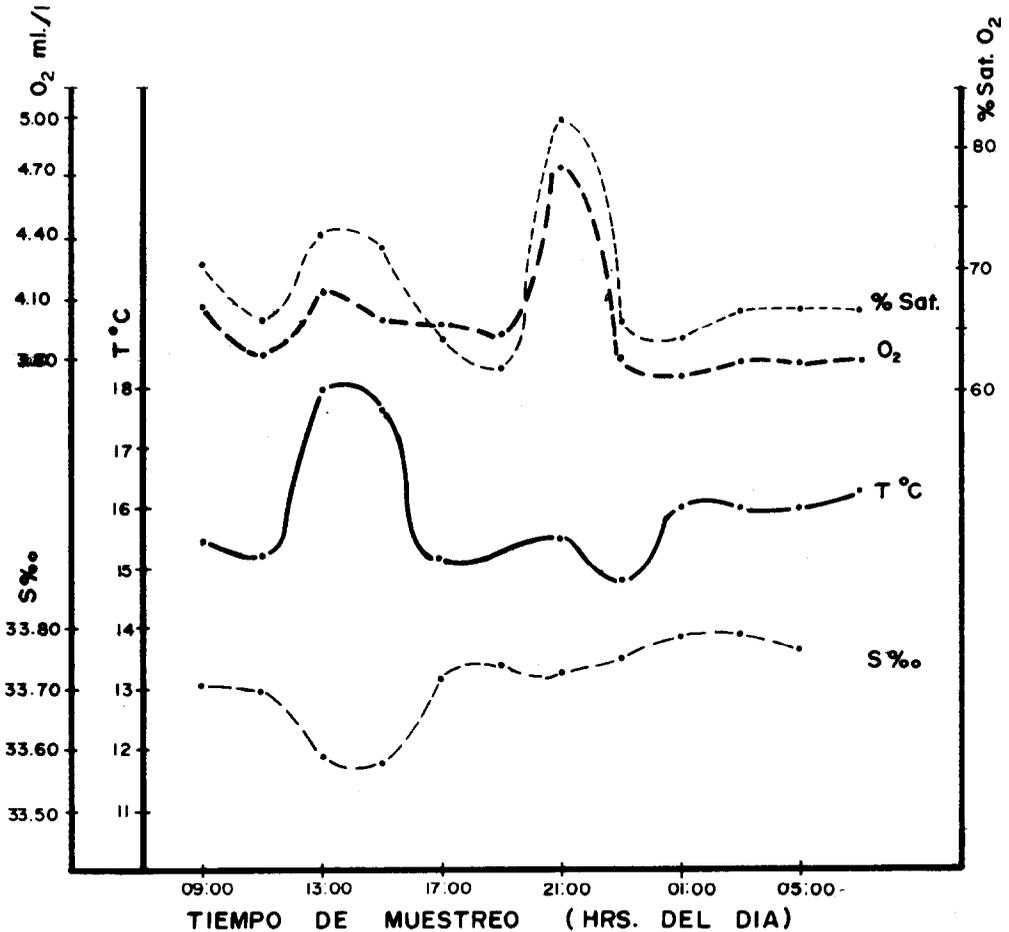


Fig.18. Variación de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno, durante un ciclo diurno (09 :00 del 14 a 07 :00 del 15 de febrero), en la estación 2 (boca del estero).

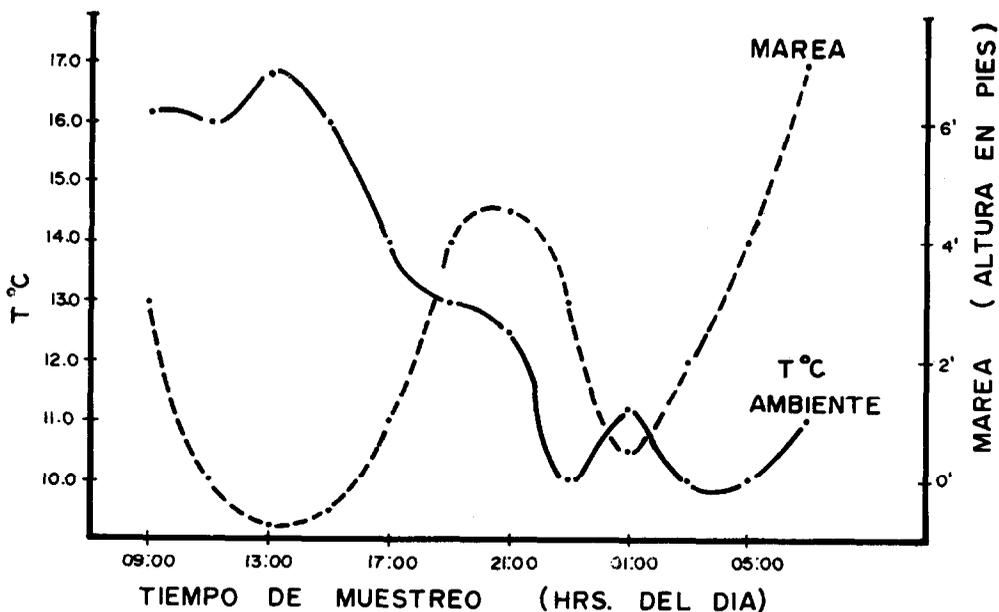


Fig. 20. Variación de la temperatura del aire y altura de marea, durante un ciclo diurno (09 :00 del 14 a 07 :00 del 15 de febrero), en la estación 2 (boca del estero).

CONCLUSIONES.

- 1.- Los gradientes de los diferentes parámetros estudiados fueron más intensos en otoño que en invierno.
- 2.- En general, la temperatura fue más elevada hacia el interior del estero que en la boca del mismo, con valores máximos en la cabeza. El rango máximo de temperatura registrado fue de 18.5°C a 21.2°C, en octubre.
- 3.- Con excepción de los períodos en que se registraron lluvias, la salinidad fue mayor en el interior del estero que en la Bahía. Con valores máximos en la cabeza del estero. El rango máximo de salinidad registrado en el interior del estero fue de 33.53‰ a 35.20‰, en octubre.
- 4.- Las variaciones de la concentración de oxígeno disuelto concordaron en general con las de pH, con valores altos de concentración de oxígeno correspondiendo a valores también altos de pH, y viceversa. El porcentaje de saturación de oxígeno presentó frecuentemente valores menores de 100%, debido a la intensa oxidación biológica en el estero.

- 5.- En el interior del estero, en estaciones fijas, la temperatura del aire tiene un efecto máximo en la variación diurna de la temperatura del agua; mientras que las mareas afectan grandemente la variación diurna de salinidad. La variación diurna de la concentración de oxígeno disuelto es afectada por el ciclo diurno de radiación solar y por los movimientos advectivos causados por las mareas.

RECOMENDACIONES.

Para poder describir más detalladamente las condiciones ecológicas, físicas y biológicas del estero de Punta Banda, sería conveniente operar tres embarcaciones, con todo el equipo y personal adecuados, trabajando simultáneamente. Esto permitiría una mejor aproximación a la situación ideal de simultaneidad de toma de datos. Dos embarcaciones trabajarían en el interior del estero, y una en el área de la Bahía frente a la boca del estero. Esto último serviría para correlacionar las condiciones del exterior, con las del interior del estero.

Para tener una mejor idea de la dinámica del ecosistema del estero es necesario realizar estudios más detallados que comprendan observaciones periódicas (v.g. mensuales) de la variación diurna de los parámetros a lo largo de un ciclo anual; que incluyan otros parámetros químicos de importancia tales como-

la concentración de nitrato fosfato, etc.; y que incluyan estudios biológicos (v.g. de plancton) de tal manera que se pueda intentar el describir correlaciones entre los factores bióticos y abióticos del ecosistema del estero.

B I B L I O G R A F I A

- Benson, R.H. 1959. Ecology of recent Ostracodes of the Todos Santos Bay Region, Baja California, México. The University of Kansas Paleontological Contributions. Arthropoda Article 1. Pag. 1-80.
- Cabrera Muro, H. 1972. Distribución de temperatura en la Bahía de Todos Santos, B.C., (junio - Octubre). Tesis Profesional. Ensenada, Universidad Autónoma de Baja California. Escuela Superior de Ciencias Marinas.
- Green, E.J. 1965. A redetermination of the solubility of oxygen in sea water and some thermodynamic implications of the solubility relations. Ph. D. thesis, Massachusetts Institute Technology, Cambridge, 136 pp.
- Hubbs, C. L. y L. C. Hubbs. 1963. Shoreline surface water - temperature data between La Jolla, California and Punta Baja, Baja California. Reporte de datos de la Institución de Oceanografía Scripps.
- Alvarez Sánchez, L. 1971. Medición de corrientes superficiales en la Bahía de Todos Santos, B. C. Tesis Profesional. Ensenada, Universidad Autónoma de Baja California, Escuela Superior de Ciencias Marinas. 54 pag.
- Margalef, R. 1969. Comunidades planctónicas en lagunas litorales. Memorias del Simposio Internacional sobre Lagunas Costeras, U.N.A.M., U.N.E.S.C.O. México D.F. nov. 28-30 pp. 545-562
- Moore, H.B 1966. Marine Ecology. New York, John Wiley y Sons 493 pag.
- Odum, P. E. 1969. Ecología. Ed. Interamericana, S.A. Segunda edición. 412 pag.
- Okuda, T. 1969. Estudio Comparativo de las condiciones hidrográficas de las lagunas de Unare y Tacarigua, Venezuela. Memorias del simposio Internacional sobre Lagunas Costeras, U.N.A.M. U.N.E.S.C.O. México, D.F. nov. 28-30 291-300.
- O'Brien, M. P. y Zeevaert, L. P. 1969. Design of a small tidal inlet. Actas de la onceava Conferencia sobre Ingeniería Costera. Londres, Inglaterra, sept. 1968. Publicada por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles.
- Ryther, J. H. 1954. The ecology of phytoplankton blooms in Morachis Bay and Great South Bay, Long Island, New York. Biol. Bull., 106:198-209
- Strickland, H.D y T.R. Parsons. 1966. A practical handbook of sea water analysis. Fisheries Research Board of Canada, Bull. 167. 311 pag
- Walton, W.R. 1955. Ecology of living benthonic foraminifera, Todos Santos Bay, Baja California. J. of Paleontology, Vol. 29, No. 6, 952-1018.