

HIDROLOGÍA DE LA BAHÍA DE SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA, EN INVIERNO Y PRIMAVERA

AMELIA GUADALUPE CHÁVEZ DE NISHIKAWA

y

SAÚL ALVAREZ BORREGO

Unidad de Ciencias Marinas
Universidad Autónoma de Baja California
Ensenada, Baja California

ABSTRACT

Results of the surface distribution of temperature, salinity, dissolved oxygen concentration, pH and alkalinity in San Quintín Bay, Baja California, for winter and spring, are presented and discussed. Results of a study of the diurnal variation of these parameters at the beginning of spring also are presented and discussed. Based on the results we conclude that culturing *Crassostrea virginica* (american oyster) is not recommended, and culturing *C. gigas* (japanese oyster) is possible, but salinity conditions are better for *Ostrea lurida* and *O. edulis*.

RESUMEN

Se presentan y discuten los resultados de la distribución superficial de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto, pH y alcalinidad, en Bahía San Quintín, Baja California; y los cambios de dicha distribución a través de invierno y primavera de 1973. Además, se presentan y discuten los resultados de un estudio de la variación diurna de estos parámetros a principios de primavera. En base a los resultados, se concluye que el cultivo de *Crassostrea virginica* (ostión americano) no es recomendable; que el cultivo de *C. gigas* (ostión japonés) es adecuado, pero que las condiciones de salinidad son mejores para *Ostrea lurida* y *O. edulis*.

RECONOCIMIENTOS

Este estudio es parte del "Programa Piloto para el Cultivo de Ostión y Determinación de Parámetros Ambientales en Bahía de San Quintín, B.C." que la Unidad de Ciencias Marinas de la U.A.B.C. está llevando a cabo bajo contrato para el Instituto Nacional de Pesca de la S.I.C. y la Dirección de Acuicultura de la S.R.H. Agradecemos a Luis Kasuga Osaka, Director del I.N.P., y a Daniel Muñoz Ferreira, Director de Acuicultura, su disposición favorable para que este trabajo se publique. La realización de este trabajo se ha hecho posible en parte gracias a la existencia del equipo oceanográfico que se adquirió con la donación que el Presidente de la República Lic. Luis Echeverría Alvarez hizo a la U.C.M. de la U.A.B.C. Agradecemos a los compañeros Manuel Acosta Ruiz, Jorge Alberto Rivera, Victor Gendrop Funes, Guillermo Ballesteros Grijalva, Guadalupe García de

Ballesteros, Antonio K. Nishikawa Kinomura y Gabriela Rojo su valiosa colaboración en los trabajos de campo.

Deseamos hacer especial mención de nuestra gratitud a Alfonso Vela por su gran y desinteresada ayuda, permitiéndonos utilizar sus lanchas y equipo en San Quintín.

Una parte de este artículo fué publicada anteriormente en CALAFIA (2[3]); el artículo completo como aquí se presenta constituye la tesis profesional que Amelia G. Chávez de Nishikawa presentó a la E.S.C.M. para obtener el título profesional de Oceanólogo.

INTRODUCCIÓN

Desde principios de la década pasada se han venido realizando en la Bahía de San Quintín, B.C., numerosos estudios, tanto por investigadores nacionales como extranjeros. A partir de algunas de las observaciones que se han efectuado, se infiere la posibilidad de utilizar dicha bahía, actualmente improductiva desde el punto de vista pesquero, como área de maricultivo importante para la economía regional.

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 (Acosta y Alvarez, 1973).

Alvarez y Schwartzlose (1973), al hacer un planteamiento de algunos problemas oceanológicos de los mares adyacentes a la península de Baja California, mencionaron la importancia del conocimiento de la hidrología de bahías y lagunas costeras como una infraestructura en la que se debe basar el desarrollo de maricultivos. Esta importancia se basa esencialmente en que las diferentes especies cultivables solo pueden desarrollarse de una manera óptima dentro de ciertos rangos de variación de los diferentes parámetros ecológicos físicos y químicos. Los parámetros más importantes son la temperatura y la salinidad.

En el presente trabajo sólo se exponen y discuten los resultados de la distribución superficial de

temperatura (°C), salinidad (S⁰/₀₀), concentración de oxígeno disuelto (O₂), pH y alcalinidad; y los cambios de dicha distribución a través de invierno y primavera de 1973. Además se presentan y discuten los resultados de un estudio de la variación diurna de los parámetros mencionados, a principios de primavera.

La Bahía de San Quintín está localizada en la costa noroccidental de Baja California entre los 30° 24' N y 30° 30' N; y 115° 57' W y 116° 01' W. La distancia por carretera desde Ensenada es de 200 Kms. Tiene un área de 11.7 millas náuticas cuadradas y se comunica con el mar por un canal estrecho. Esta dividida en dos brazos, oeste y este (Barnard, 1964). Al brazo oeste se le llama Bahía Falsa, y al brazo este se le denomina propiamente Bahía San Quintín. En lo que se escribe a continuación el nombre Bahía San Quintín se referirá solamente al brazo este. Con excepción de los canales estrechos de hasta 7 metros de profundidad la mayor parte de la bahía tiene menos de 3 metros de profundidad (Figura 1).

Los sedimentos de la bahía son extraordinariamente variados desde limos hasta arenas gruesas, y las diversas clases de sedimentos

ocurren relativamente uniforme (Gorsline y Stewart, 1962).

La Fundación Beaudette patrocinó un estudio bastante intenso de la Bahía de San Quintín en los primeros años de la década pasada. Un gran número de los trabajos resultantes fueron publicados por la revista Pacific Naturalist (J. Menzies, 1962; L. Barnard, 1962, 1964; Gorsline y Stewart, 1962; Dawson, 1962; A. M. Keen, 1962; D. J. Reish, 1963).

MÉTODOS DE OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Durante invierno y primavera se realizaron 4 viajes: el 3-4 de enero, el 10 de febrero, el 8 de abril y el 8 de mayo. En el primer y tercer viajes se cubrieron las estaciones hidrográficas mostradas en la Figura 2. En el cuarto viaje se cubrieron las estaciones hidrográficas mostradas en la Figura 3. En el segundo viaje debido a las malas condiciones del tiempo se cubrieron solamente las primeras 11 estaciones de la Figura 2. Además, a principios de primavera se ocuparon dos estaciones, durante 22 horas cada una, con el fin de estudiar la variación diurna de los diferentes parámetros. Estas estaciones

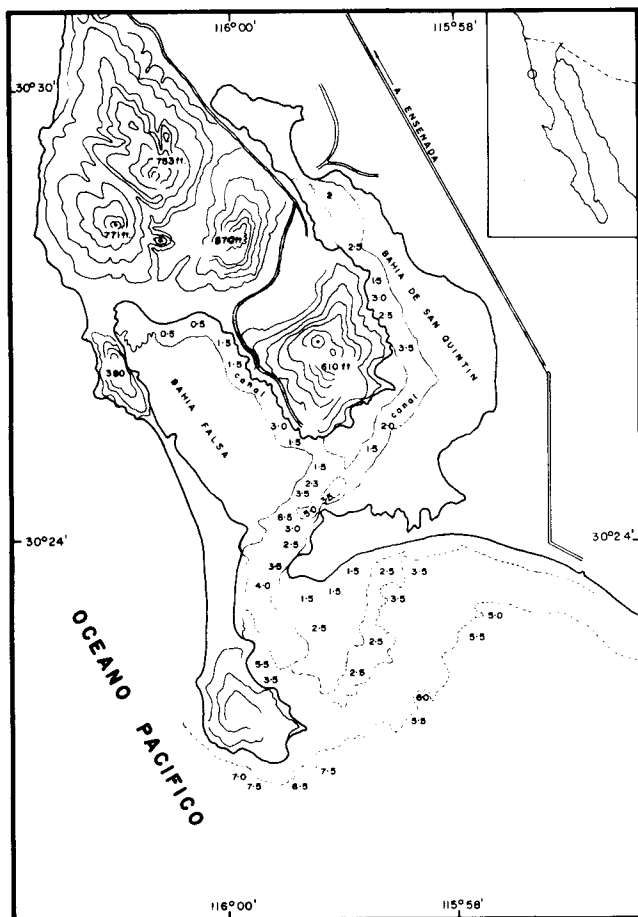


FIGURA 1. Plano de localización. Un minuto de diferencia en latitud es igual a una milla náutica. La batimetría está dada en brazas; solamente para mostrar la configuración del canal.

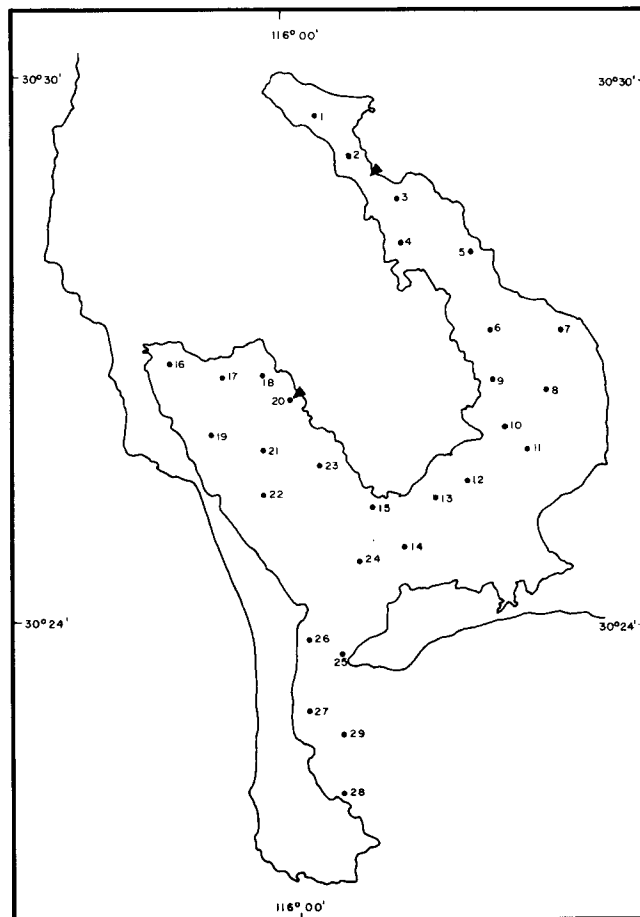


FIGURA 2. Localización de las estaciones hidrográficas ocupadas en el primer, segundo y tercer muestreos. Los triángulos oscuros indican los lugares donde se realizó el estudio de variación diurna.

se localizaron una en cada brazo de la bahía, cercanas a las estaciones 2 y 20 de la Figura 2, siendo su cercanía tal que se consideran representativas de esas estaciones.

Al estar ocupando cada estación se determinaba la T°C, el pH y las condiciones meteorológicas (velocidad y dirección del viento y porcentaje de nubosidad) y se tomaban muestras de $S^{0/00}$ y O_2 , para su posterior análisis en el laboratorio. En el tercero y cuarto viajes de campo no se tomaron datos sobre pH y alcalinidad debido a fallas en el potenciómetro.

La T°C se determinó con un termómetro de cubeta con rango de -1°C a 51°C ; la $S^{0/00}$ con un salinómetro de inducción, marca Beckman, modelo 118WA200; el O_2 por el método macro-Winkler descrito por Strickland y Parsons (1965); el pH y la alcalinidad se determinaron utilizando electrodos de vidrio y un potenciómetro Orión, modelo 407, de baterías; para determinar la velocidad y dirección del viento se utilizó un anemómetro Kahlsico, modelo 03AM120.

El porcentaje de saturación de oxígeno se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\% = \frac{O_2}{O_2'} \times 100$$

donde O_2 representa la concentración de oxígeno disuelto medido y O_2' representa la solubilidad de oxígeno. O_2' se calculó utilizando un nomograma construido en base a los datos de Green (1965).

RESULTADOS

La distribución de T°C para enero se muestra en la Figura 4. Los valores son en general más elevados en la boca que hacia el interior de la bahía. El valor mínimo se registró en el extremo interno de Bahía San Quintín y fué de 12.0°C (Estación 1, Figura 2); y el valor máximo se registró en la boca y fué de 15.7°C (Estación 28, Figura 2). La distribución de $S^{0/00}$ para enero se muestra en la Figura 5. Los valores en general son menores en la boca que hacia el interior de la bahía. El valor máximo se registró en el extremo interno de Bahía San Quintín y fué de $36.49^{0/00}$ (Estación 1, Figura 2); y el valor mínimo se registró en la boca y fué de $34.14^{0/00}$ (Estación 28, Figura 2). La distribución del O_2 se muestra en la Figura 6. Contrario a la distribución de T°C y $S^{0/00}$ (Figuras 4 y 5) no presenta una tendencia a variar monotónicamente de la boca a los brazos, en Bahía Falsa los valores disminuyen hacia el extremo interno; pero en Bahía San Quintín los valores primeramente aumentan de la boca hacia la parte media y luego disminuyen hacia el extremo interno. El valor mínimo se registró en el extremo interno de Bahía Falsa y fué de 5.15 ml/l (Estación 16, Figura 2). El valor máximo fué de 7.73 ml/l y se registró en la parte media este de Bahía San Quintín (Estación 7, Figura 2). La distribución de pH se muestra en la Figura 7. Es en general muy similar a la distribución de O_2 . El valor mínimo fué de 8.12 y se registró, al

igual que el de O_2 , en el extremo interno de Bahía Falsa. El valor máximo fué de 8.40 y se registró en la parte media este de Bahía San Quintín (Estaciones 11 y 12, Figura 2). La distribución de alcalinidad se muestra en la Figura 8. Los valores máximos se registraron hacia el interior de la bahía disminuyendo hacia la boca. El valor máximo se registró en el extremo interno de Bahía San Quintín y fué de 2.54 meq/l (Estación 1, Figura 2). El valor mínimo fué de 1.91 y se registró en el exterior de la boca (Estación 27, Figura 2).

En el viaje de campo de febrero solamente se ocuparon 11 estaciones hidrográficas debido a que las condiciones de mal tiempo no permitieron seguir trabajando; lluvias torrenciales con fuertes vientos que provocaron un oleaje estimado en 0.5 metro de altura impidieron el estudio de Bahía Falsa durante el segundo día. Las distribuciones de T°C, $S^{0/00}$, O_2 y pH en Bahía San Quintín para febrero, se muestran en las Figuras 9, 10, 11 y 12. La T°C fué bastante uniforme con una tendencia a aumentar de oeste a este (Figura 9). La $S^{0/00}$ presenta un gradiente muy marcado disminuyendo desde el interior de la bahía hacia la parte media (Figura 10). El O_2 presenta un gradiente en el sentido longitudinal y en el sentido transversal de la bahía, aumentando del interior hacia la parte media y de oeste a este (Figura 11). El pH muestra una distribución semejante a la de O_2 , aumentando del interior de la bahía hacia la parte media, y disminuyendo de la parte media hacia el exterior (Figura 12).

La distribución de T°C para abril se muestra en la Figura 13. Contrario a la distribución de T°C de enero los valores máximos se registraron hacia el interior de la bahía, disminuyendo hacia la boca; en Bahía Falsa existe un gradiente en sentido transversal disminuyendo de oeste a este, mientras que en Bahía San Quintín el gradiente es en sentido longitudinal, disminuyendo hacia la boca. El valor máximo se registró en la parte media oeste de Bahía Falsa y fué de 20.3°C (Estación 22, Figura 2). El valor mínimo se registró hacia el exterior de la boca y fué de 14.1°C (Estación 26, Figura 2). La distribución de $S^{0/00}$ para abril se muestra en la Figura 14; es muy similar a la de T°C. El valor máximo se registró en Bahía San Quintín y fué de $36.74^{0/00}$ (Estación 2, Figura 2). El valor mínimo se registró en la parte exterior de la boca y fué de $34.42^{0/00}$ (Estación 28, Figura 2). La distribución de O_2 en abril se muestra en la Figura 15. En Bahía San Quintín los valores aumentan del interior hacia la boca, mientras que en Bahía Falsa los valores aumentan de la boca hacia la parte media oeste y luego disminuyen hacia el extremo interno. El valor máximo se registró en Bahía Falsa y fué de 7.07 ml/l (Estación 21, Figura 2). El valor mínimo fué de 4.23 ml/l y se registró en el extremo interno de Bahía San Quintín (Estación 1, Figura 2).

La distribución de T°C para el mes de mayo se muestra en la Figura 16. Los máximos valores se registraron hacia los extremos internos de la bahía

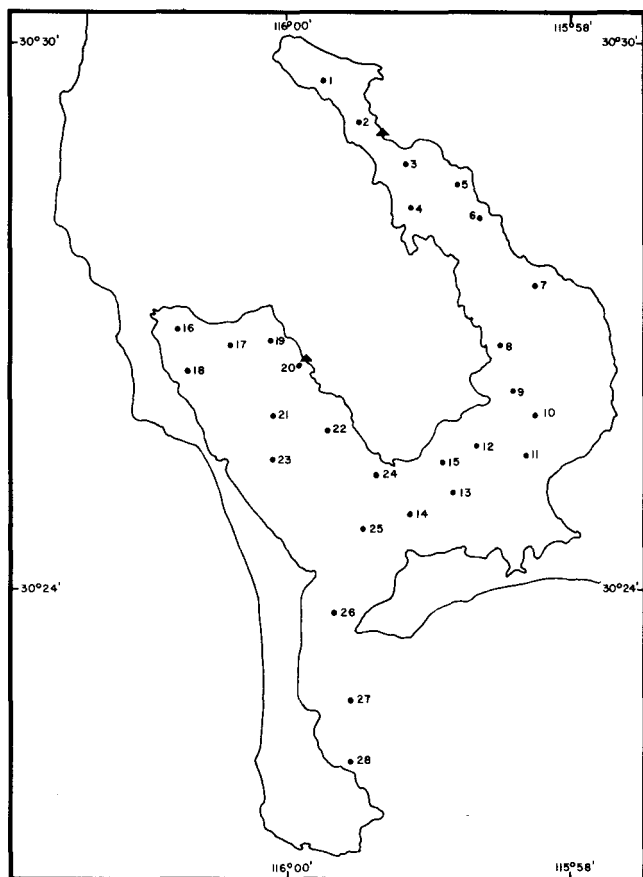


FIGURA 3. Localización de las estaciones hidrográficas ocupadas en el cuarto muestreo. Los triángulos oscuros indican los lugares donde se realizó el estudio de variación diurna.

disminuyendo paulatinamente hacia la boca. El valor máximo fué de 18.5°C y se registró en el extremo interno de Bahía Falsa (Estación 16, Figura 3). El valor mínimo se registró en la parte exterior de la boca y fué de 12.8°C (Estación 28, Figura 3). La distribución de $S^{0/00}$ se muestra en la Figura 17. En general fué muy similar a la del mes de abril. El valor máximo se registró en el extremo interno de Bahía San Quintín y fué de 36.75^{0/00} (Estación 2, Figura 3). El valor mínimo fué de 34.27^{0/00} y se registró en la parte externa de la boca (Estación 28, Figura 3). La distribución de O_2 se muestra en la Figura 18. En Bahía Falsa los valores disminuyen del extremo interno hacia la boca. En Bahía San Quintín los valores son muy uniformes aumentando solamente en el tercio cercano a la boca, para volver a disminuir hacia la misma. El valor máximo fué de 6.63 ml/l (Estación 11, Figura 3); el valor mínimo fué de 3.87 ml/l y se registró en el extremo interno de Bahía San Quintín (Estación 1, Figura 3).

La toma de datos de la variación diurna en la Estación 2 se hizo a unos 8 metros de la orilla, mientras que en la Estación 20 se hizo a 2 metros de ésta. Estas estaciones se localizaron en zonas que se han considerado propicias para maricultivo, además de que son representativas de las condiciones

ambientales extremas dentro de la bahía ya que una se encuentra en zona de aguas someras y con fondo fangoso, mientras que la otra se encuentra en una zona de aguas relativamente profundas con características casi oceánicas.

Las variaciones diurnas de $T^{\circ}C$, $S^{0/00}$, O_2 , pH y alcalinidad de la Estación 2, se muestran en las Figuras 19 y 20; y de la Estación 20 se muestran en las Figuras 21 y 22. En la Estación 2 la variación de $T^{\circ}C$ presenta 2 máximos bien marcados de 18.2°C y 18.6°C, correspondiendo a las 20:00–21:00 Hrs. y 15:00 Hrs., respectivamente; y un mínimo de 16.9°C registrado a las 05:00 Hrs. La $S^{0/00}$ presenta también dos máximos claramente definidos de 36.35^{0/00} y 36.86^{0/00} registrados a las 01:00 Hrs. y 13:00 Hrs. respectivamente, y dos mínimos de 35.28^{0/00} y 35.40^{0/00} registrados a las 06:00 Hrs. y 19:00 Hrs. respectivamente. El O_2 presentó un máximo muy acentuado que fué de 5.94 ml/l registrado a las 16:00 Hrs. y un mínimo de 4.45 ml/l registrado a las 08:00 Hrs. El pH presentó un máximo y dos mínimos. El máximo fué de 8.55 a las 16:00 Hrs., y ambos mínimos fueron de 8.45 en los periodos de 24:00 a 02:00 Hrs. y de 12:00 a 14:00 Hrs. La alcalinidad presentó una variación similar a la de $S^{0/00}$, con dos máximos y dos mínimos. Los máximos son de 2.44 meq/l y de 2.48 meq/l, registrados a las 23:00 Hrs., y 13:00 Hrs. respectivamente; y los mínimos de 2.38 meq/l y 2.32 meq/l, registrados a las 06:00 y 19:00 Hrs. respectivamente.

En la Estación 20, las variaciones de $T^{\circ}C$, $S^{0/00}$ y O_2 son muy similares presentando dos máximos y dos mínimos muy acentuados. Para la $T^{\circ}C$, los máximos son de 16.5°C y de 17.1°C, a las 21:00 Hrs. y de las 13:00 a 16:00 Hrs. respectivamente; y los mínimos son de 15.5°C y 15.8°C, registrados a las 05:00 Hrs. y 18:00 Hrs. respectivamente. Los máximos de $S^{0/00}$ son de 34.74^{0/00} y 34.75^{0/00} a las 24:00 Hrs. y 13:00 Hrs. respectivamente; y ambos mínimos son de 34.54^{0/00}, registrados a las 06:00 Hrs. y 17:00 Hrs. Los máximos de O_2 son de 4.85 ml/l y 5.26 ml/l, a las 24:00 Hrs. y 14:00 Hrs., respectivamente; y el mínimo más acentuado es de 4.29 ml/l, a las 04:00 Hrs. La variación de pH presentó un máximo muy acentuado que fué de 8.43 a las 22:00 Hrs. y dos mínimos de 8.12 ambos, a las 04:00 Hrs. y 08:00 Hrs. La alcalinidad presentó un máximo y un mínimo. El máximo fué de 2.34 meq/l, a las 10:00 Hrs.; y el mínimo de 2.29 meq/l, a las 14:00 Hrs.

DISCUSIONES

Alvarez y Galindo (1973) mencionan que cuando se hace un estudio hidrográfico como el presente, las gráficas de distribución horizontal de los diferentes parámetros son solamente una primera aproximación a la realidad. Esto es debido a que la toma de datos no es simultánea sino que pueden pasar varias horas entre las primeras y las últimas estaciones, por lo cual la comparación directa entre

los valores tomados en las diferentes estaciones solamente es completamente válida cuando se toman en consideración los cambios que pudieron haber ocurrido durante el tiempo que haya durado el muestreo, debido a los efectos de las mareas, irradiación solar, evaporación, fotosíntesis, etc.

Para el mes de enero la $T^{\circ}C$ fué más baja en los extremos internos de Bahía Falsa y Bahía San Quintín que en la boca, debido a la influencia de las bajas temperaturas atmosféricas (Figura 4). La temperatura atmosférica mínima en los días de muestreo fué de $4^{\circ}C$ (Secretaría de Recursos Hidráulicos, Departamento de Hidrometría, oficina en Ensenada). Estas bajas temperaturas afectan mucho más a las aguas someras de la bahía que a las aguas de mar abierto frente a la boca de la misma. La distribución de $T^{\circ}C$ en febrero se correlaciona con la batimetría, con $T^{\circ}C$ más bajas en los lugares de mayor profundidad; esto se debe a que el muestreo fué realizado después de medio día y el efecto de irradiación solar se hizo sentir más en las zonas bajas aumentando la $T^{\circ}C$ (Figuras 2 y 9). Un efecto similar se observó en Bahía San Quintín en enero (Figura 4). En general las $T^{\circ}C$ fueron más elevadas en febrero que enero.

En cuanto a la distribución de $T^{\circ}C$ en los meses de primavera (abril y mayo, Figuras 13 y 16) la situación es inversa, con temperaturas mayores hacia los extremos internos de la bahía que en la boca de la

misma. Esto se debe a que la temperatura atmosférica es mayor que la temperatura del agua en estos meses, y el efecto de calentamiento por irradiación solar es mayor en las aguas someras. En Bahía Falsa, la distribución de $T^{\circ}C$ para el mes de abril muestra un gradiente en sentido transversal opuesto al mostrado en enero (Figuras 4 y 15). Las $T^{\circ}C$ en abril son mayores en la parte occidental que en la parte oriental de Bahía Falsa. Esto denota de nuevo un claro efecto de la batimetría en la distribución de $T^{\circ}C$. Los gradientes longitudinales de $T^{\circ}C$ en Bahía San Quintín no se muestran muy marcados para los meses de abril y mayo, debido a que el muestreo se realizó durante la pleamar, por lo cual el agua fría del exterior de la bahía había estado expuesta a la irradiación solar en zonas someras solamente un tiempo relativamente corto. Las gráficas de mareas para los períodos en que se realizaron los muestreos en los diferentes meses, se muestran en la Figura 23. En las gráficas 19 y 21 se muestra que la variación diurna de $T^{\circ}C$ se correlaciona con el estado de las mareas y la hora del día, en una combinación un tanto compleja. En la Estación 2 (Figura 19) se nota en general una mayor correlación de la temperatura con la hora del día que con el estado de la marea, con temperaturas más altas en la tarde (15:00 Hrs.) y con temperaturas más bajas alrededor de las 05:00 Hrs. Una situación semejante se observó en Bahía Falsa.

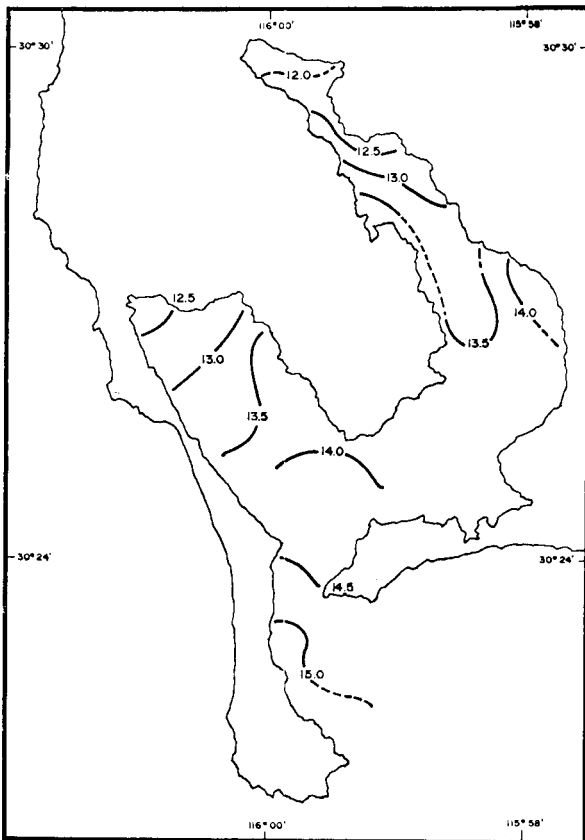


FIGURA 4. Distribución superficial de temperatura ($T^{\circ}C$) para enero.

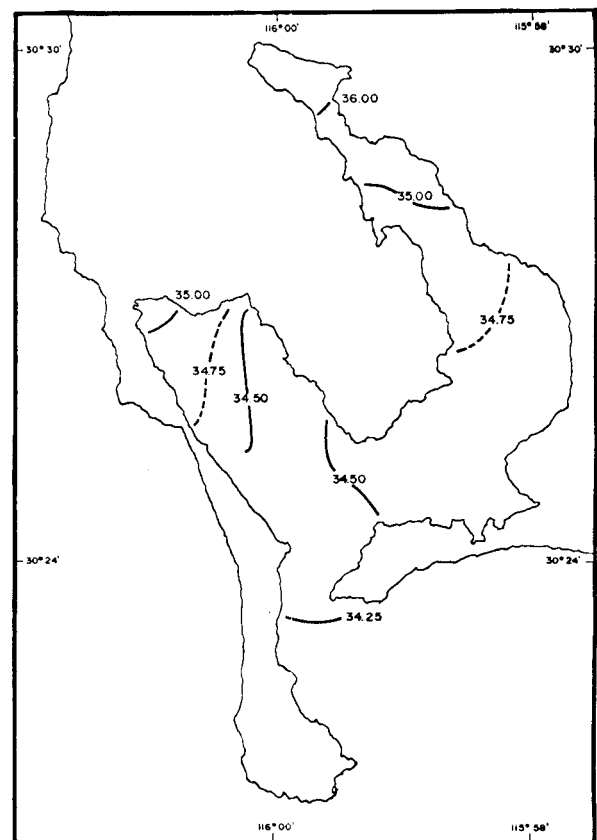


FIGURA 5. Distribución superficial de salinidad ($S^{\circ}/_{00}$) para enero.

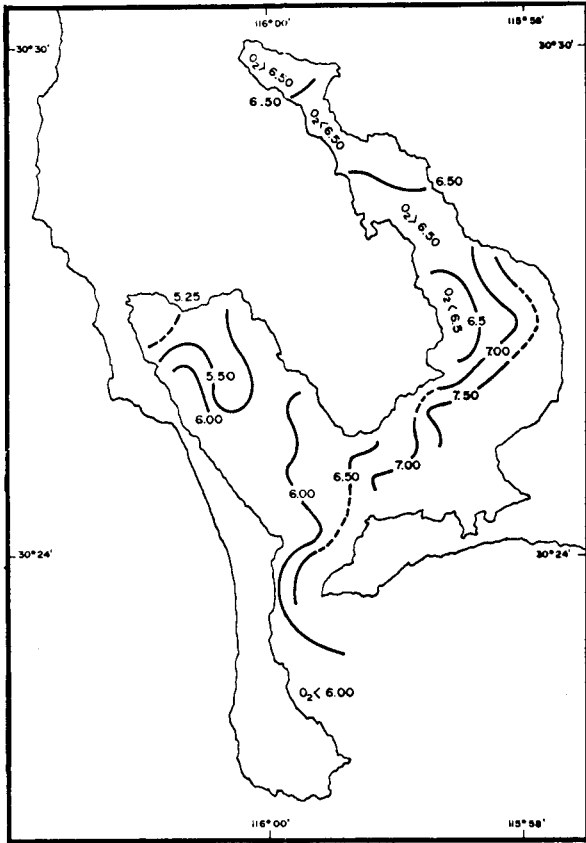


FIGURA 6. Distribución superficial de la concentración de oxígeno disuelto (ml/l) para enero.

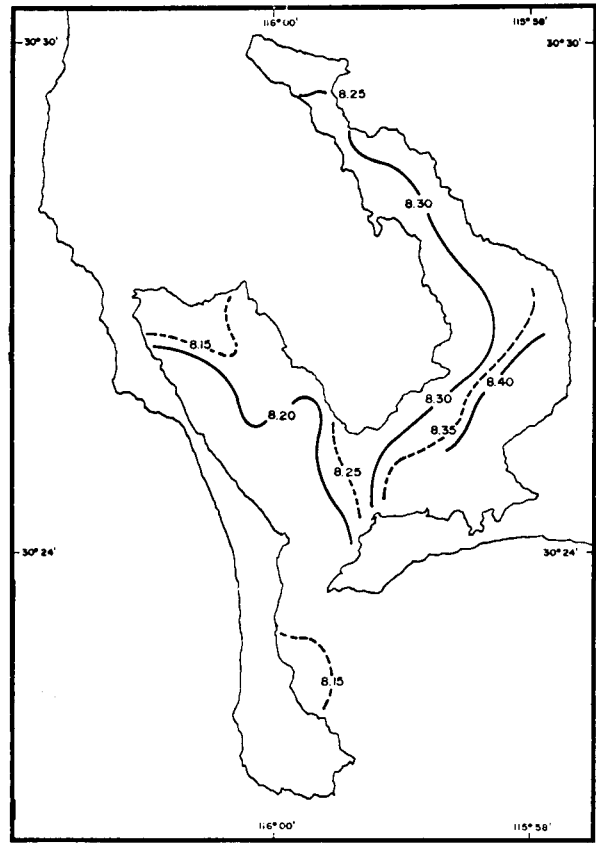


FIGURA 7. Distribución superficial de pH para enero.

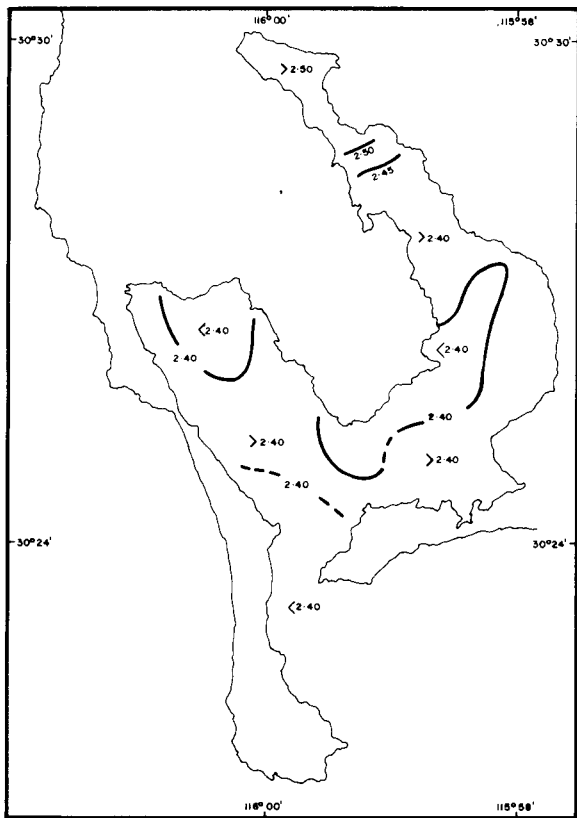


FIGURA 8. Distribución superficial de alcalinidad (meq/l) para enero.

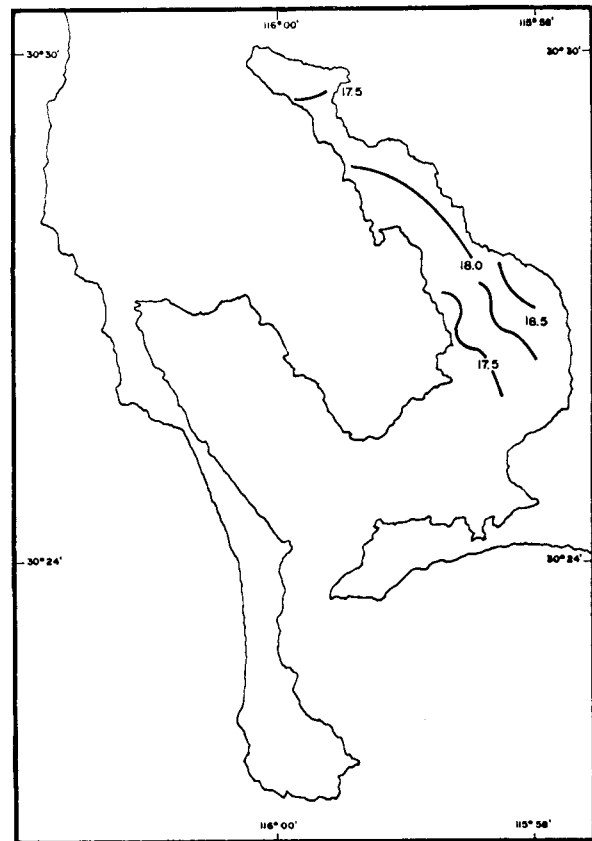


FIGURA 9. Distribución superficial de temperatura (T°C) para febrero.

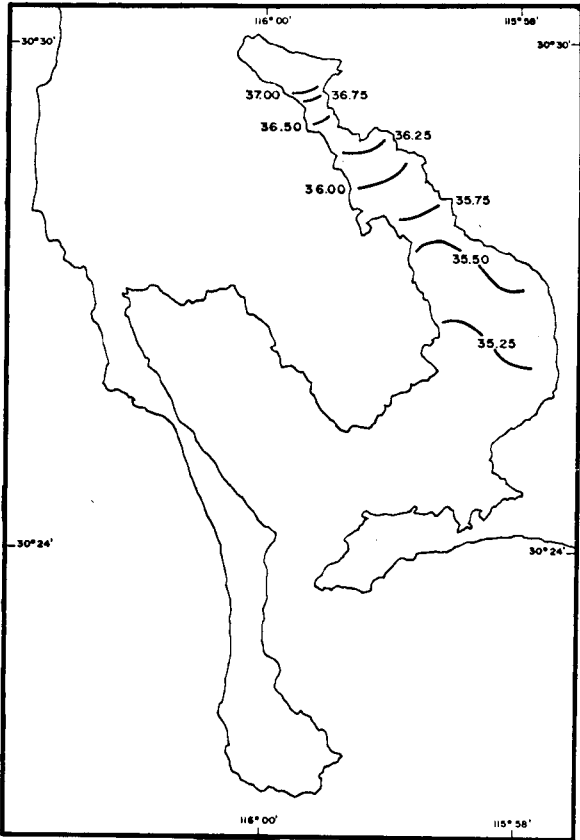


FIGURA 10. Distribución superficial de salinidad ($S^{\circ}/_{00}$) para febrero.

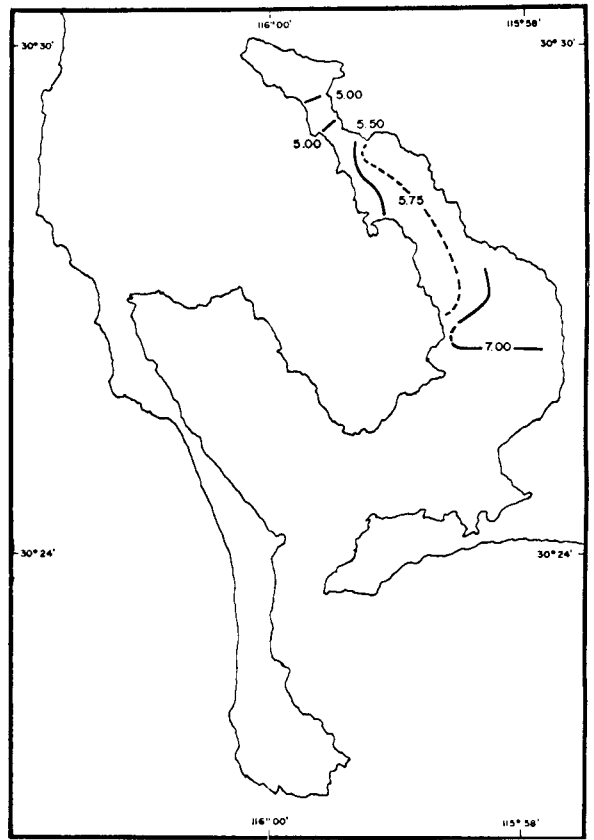


FIGURA 11. Distribución superficial de la concentración de oxígeno disuelto (ml/l) para febrero.



FIGURA 12. Distribución superficial de pH para febrero.

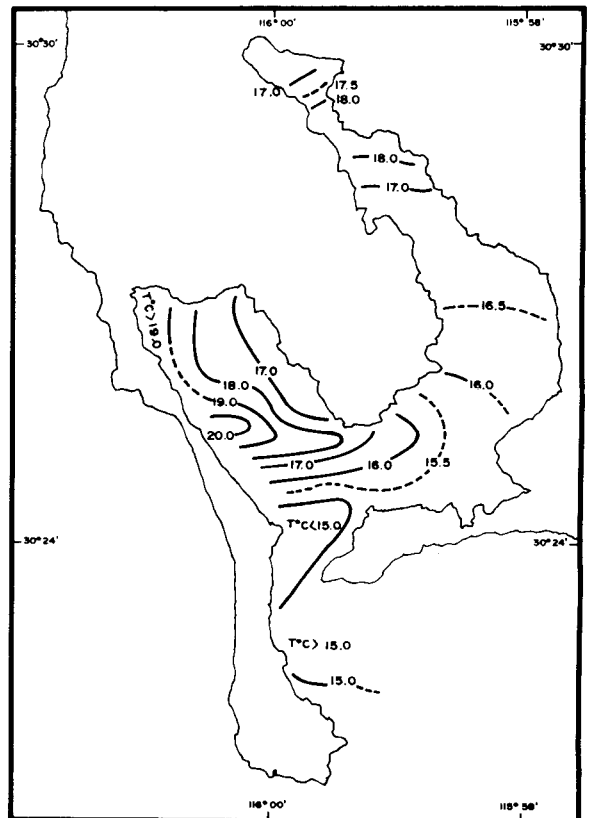


FIGURA 13. Distribución superficial de temperatura ($T^{\circ}C$) para abril.

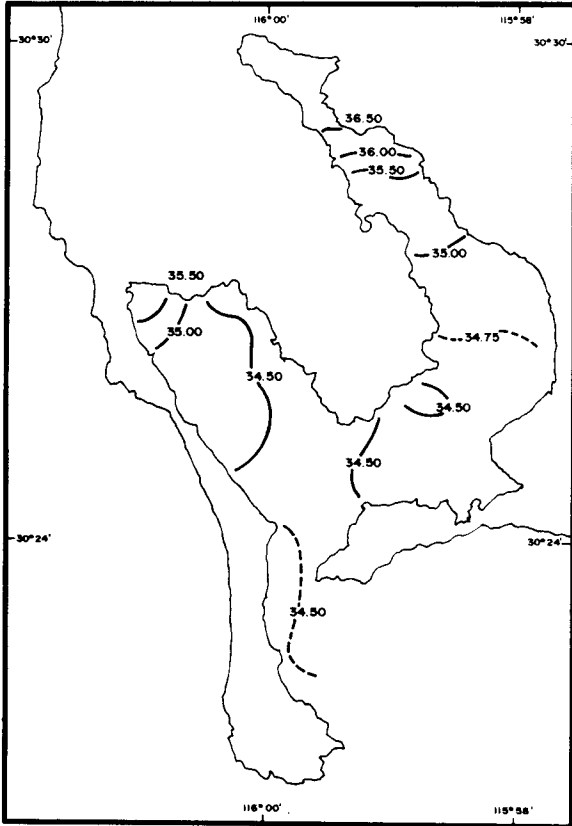


FIGURA 14. Distribución superficial de salinidad ($S^{\circ}/_{00}$) para abril.

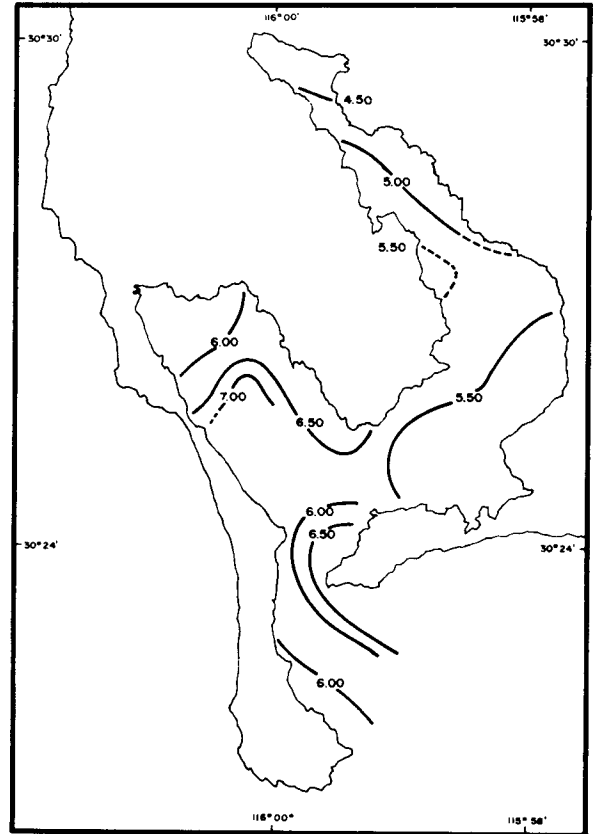


FIGURA 15. Distribución superficial de la concentración de oxígeno disuelto (ml/l) para abril.

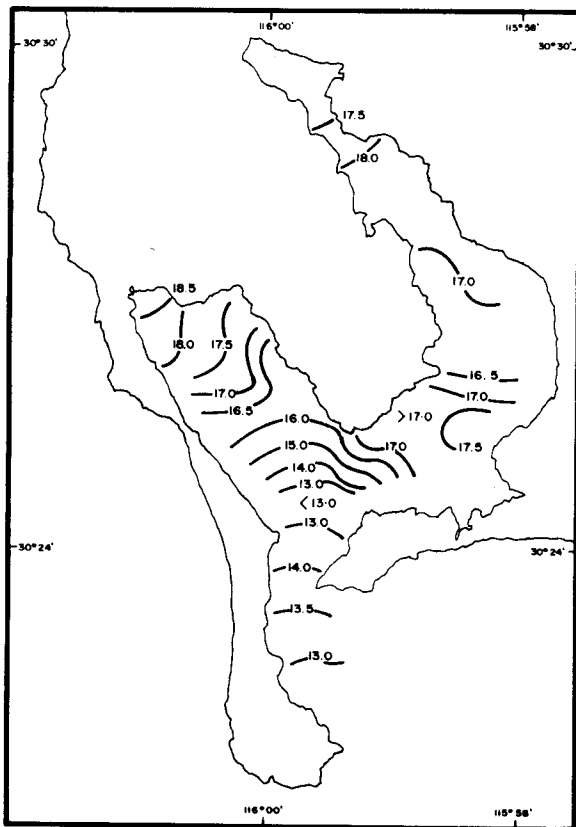


FIGURA 16. Distribución superficial de temperatura ($T^{\circ}C$) para mayo.

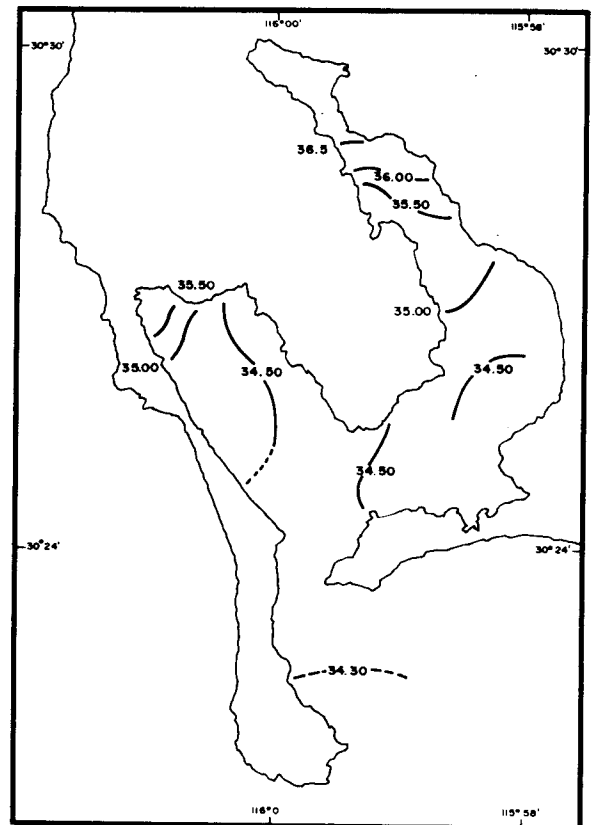


FIGURA 17. Distribución superficial de salinidad ($S^{\circ}/_{00}$) para mayo.

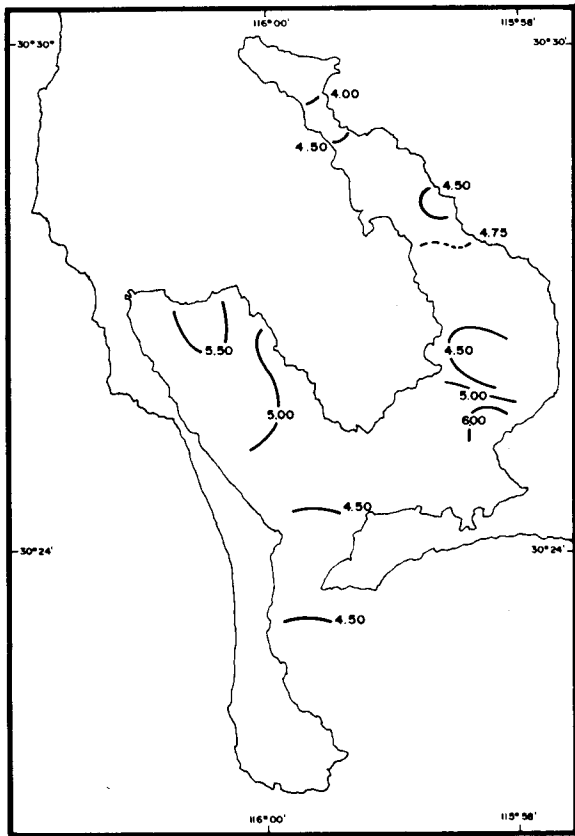


FIGURA 18. Distribución superficial de la concentración de oxígeno disuelto (ml/l) para mayo.

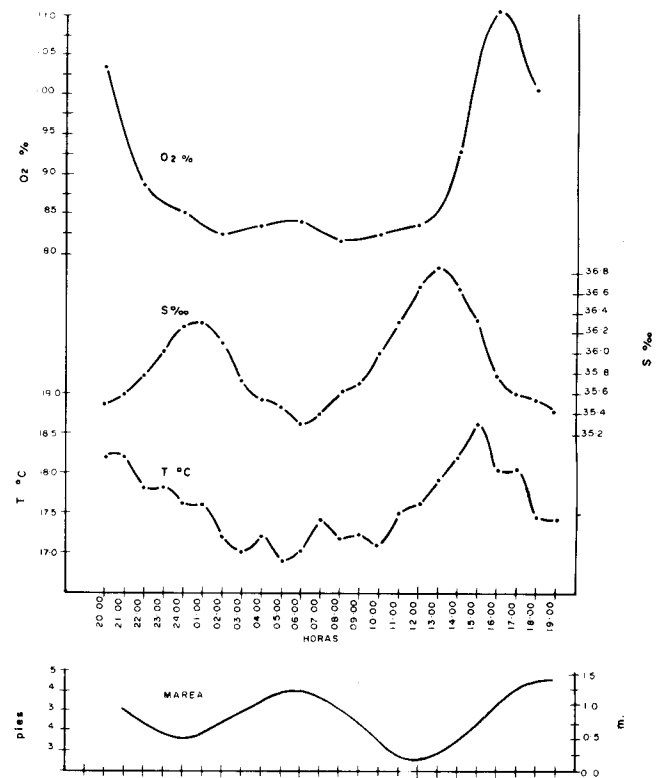


FIGURA 19. Variación diurna de la salinidad ($S^{\circ}/_{00}$), temperatura ($T^{\circ}C$), porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) y altura de marea, en la Estación 2 (Molino Viejo). La altura de marea corresponde a la boca de la Bahía, sin considerar el retraso de la boca a la Estación 2.

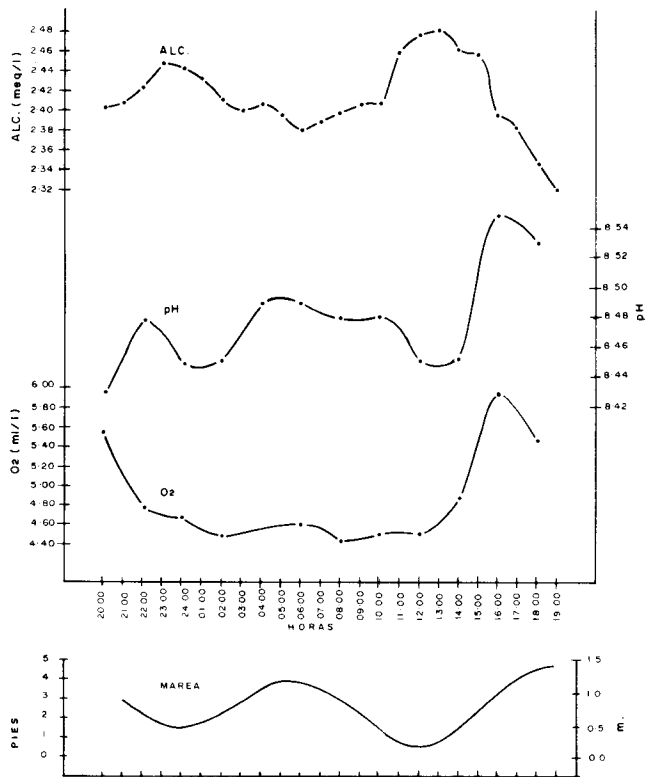


FIGURA 20. Variación diurna de la concentración de oxígeno disuelto (ml/l), pH, alcalinidad (meq/l) y altura de marea, en la Estación 2. La altura de marea corresponde a la boca de la Bahía, sin considerar el retraso de la boca a la Estación 2.

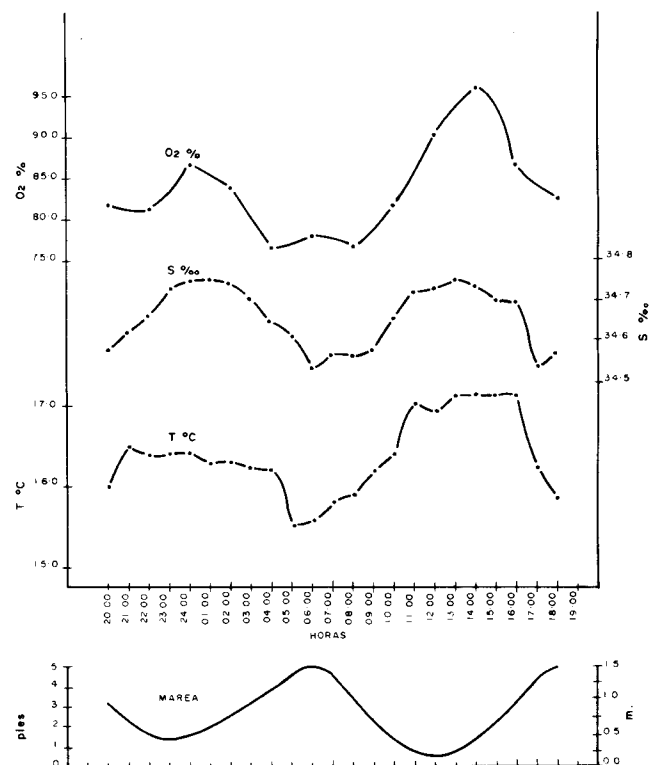


FIGURA 21. Variación diurna de la salinidad ($S^{\circ}/_{00}$), temperatura ($T^{\circ}C$), porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) y altura de marea, en la Estación 20 (Bahía Falsa). La altura de marea corresponde a la boca de la Bahía, sin considerar el retraso de la boca a la Estación 20.

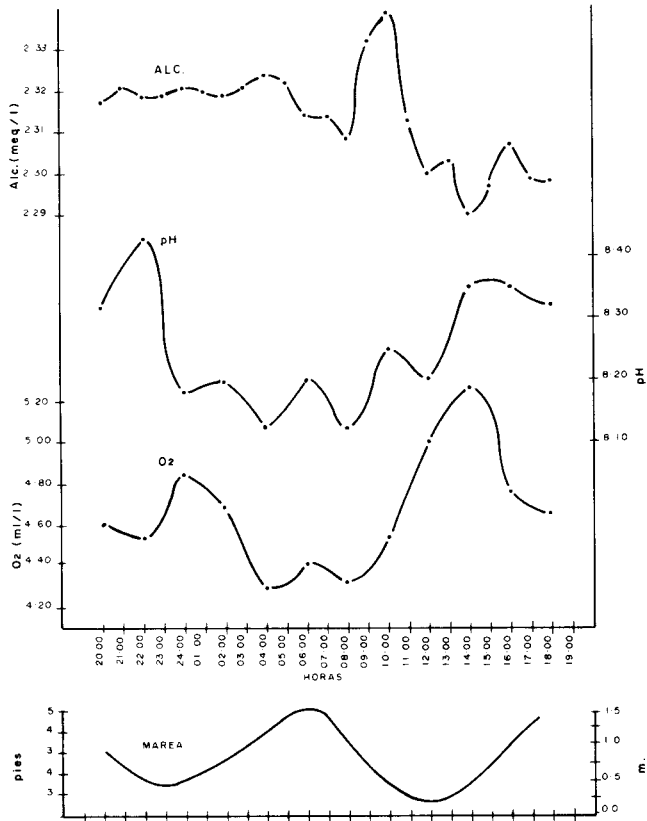


FIGURA 22. Variación diurna de la concentración de oxígeno disuelto (ml/l), pH, alcalinidad y altura de marea, en la Estación 20 (Bahía Falsa). La altura de marea corresponde a la boca de la Bahía, sin considerar el retraso de la boca a la Estación 20.

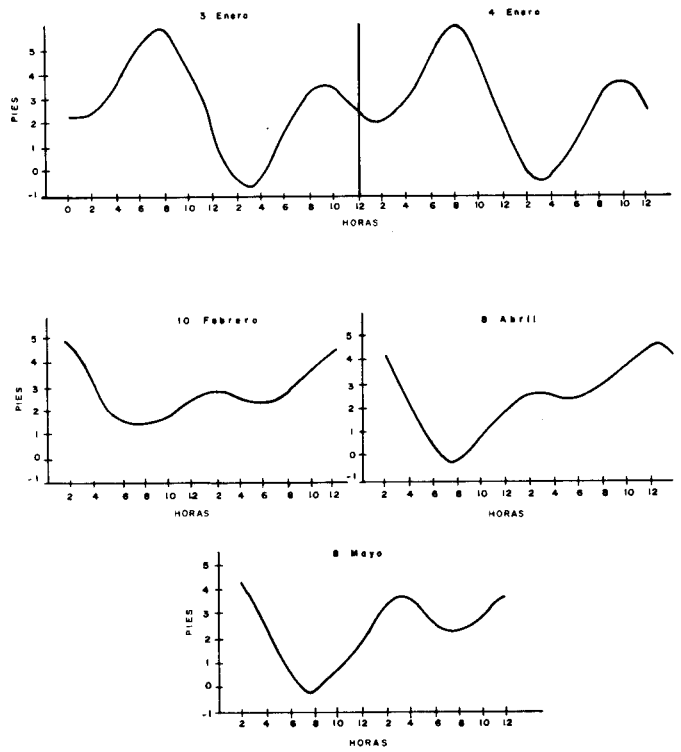


FIGURA 23. Altura de mareas para los periodos en que se realizaron los muestreos. Corresponden a la boca de la Bahía y son tomados del calendario de mareas publicado por la Secretaría de Marina.

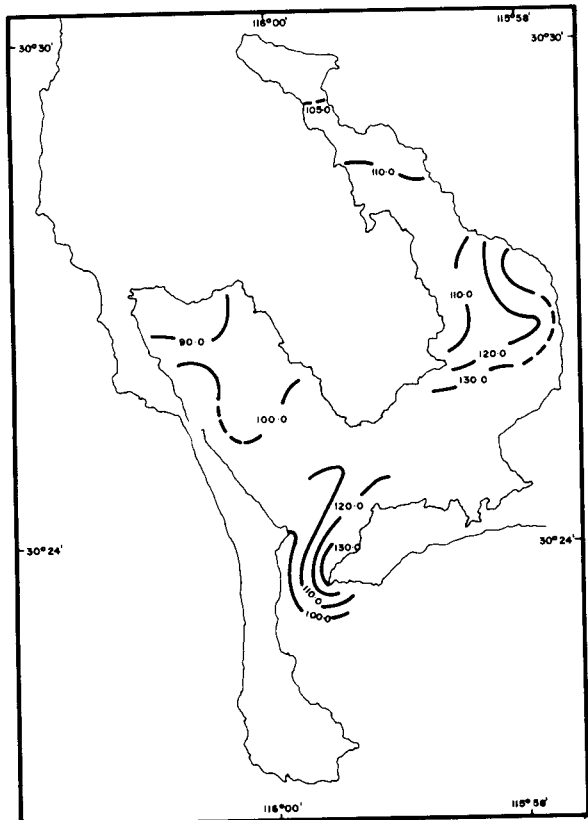


FIGURA 24. Distribución superficial del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para enero.

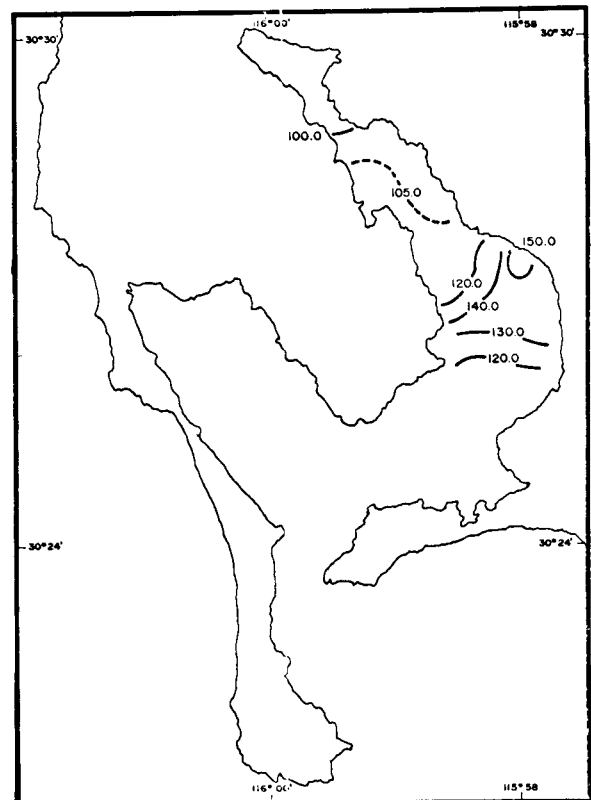


FIGURA 25. Distribución superficial del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para febrero.

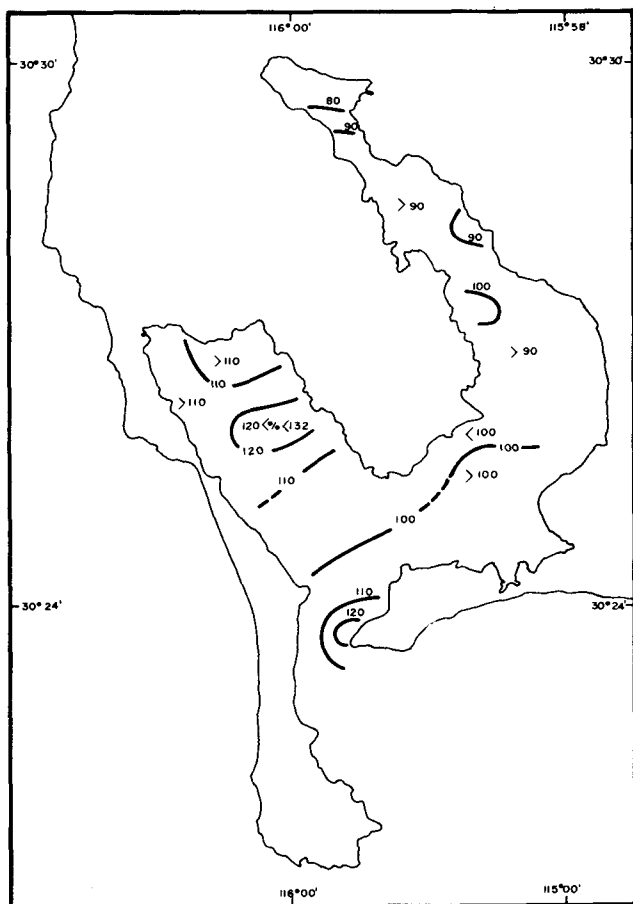


FIGURA 26. Distribución superficial del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para abril.

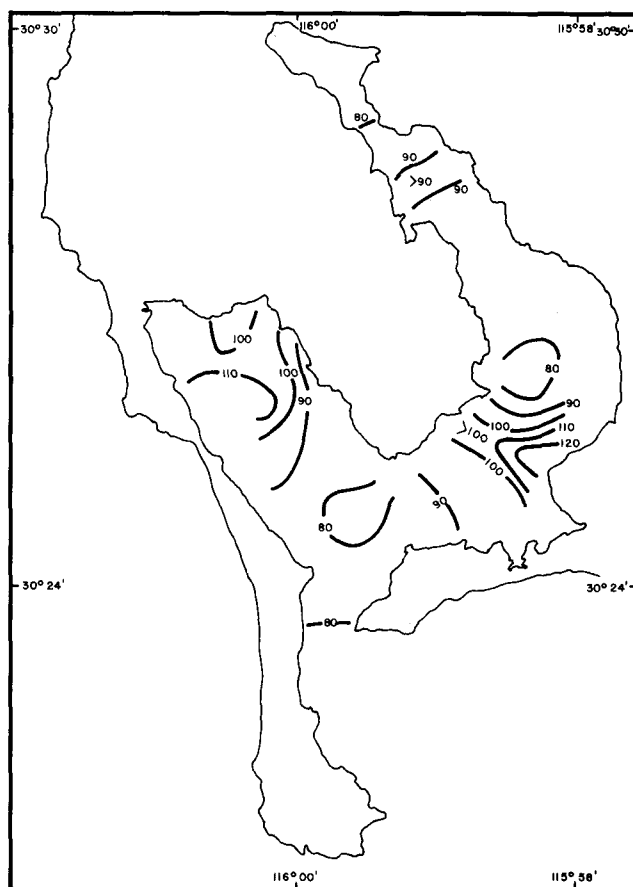


FIGURA 27. Distribución superficial del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%) para mayo.

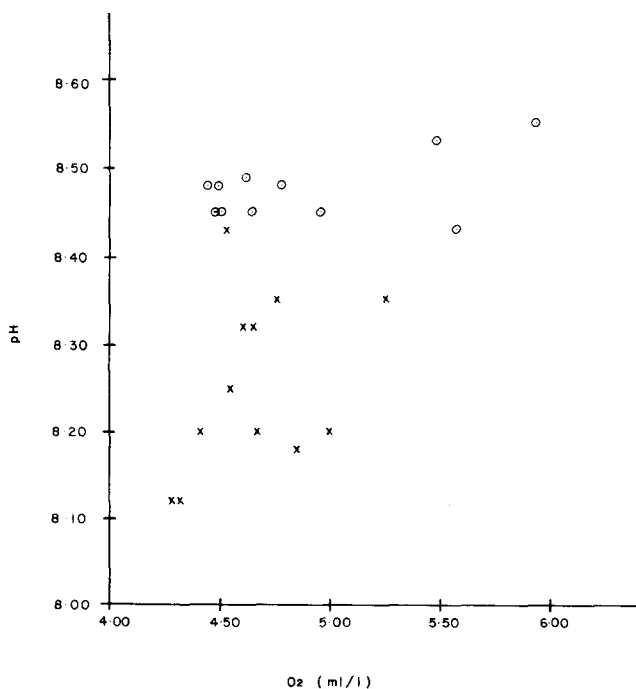


FIGURA 28. pH versus concentración de oxígeno disuelto, durante el estudio de variación diurna. Los círculos abiertos son de la Estación 2, y las cruces son de la Estación 20.

La temperatura superficial de la zona exterior adyacente a la boca fué menor en mayo que en abril y enero (para febrero y marzo no existen datos para esta zona) (Figuras 4, 13, y 16). Esto se debe muy posiblemente al hecho de que en mayo se estaba presentando el fenómeno de surgencia frente a San Quintín; aguas subsuperficiales, más frías, estaban emergiendo hacia la superficie por el efecto de acarreo del viento. De acuerdo con Smith (1968) los vientos que provocan surgencia frente a Baja California son más fuertes en abril y mayo.

El hecho de que la S⁰/₀₀ fuera más elevada hacia los extremos internos de la bahía en todo el periodo de estudio indica claramente que la bahía es un sistema antiestuarino (la evaporación es mayor que la precipitación). Contrario a la T^oC la variación diurna de S⁰/₀₀ esta correlacionada casi totalmente con el estado de la marea (Figuras 19 y 21), con S⁰/₀₀ máximas coincidiendo con la baja marea y S⁰/₀₀ mínimas coincidiendo con la alta marea. Este efecto se debe a una evaporación mayor en el interior de la bahía que en el exterior, por el efecto de calentamiento antes mencionado.

La distribución superficial de O₂ durante el periodo de estudio (Figuras 6, 11, 15, y 18) muestra una gran correlación con la de T^oC. El O₂ es mayor en invierno que en primavera, debido a la más baja

°C, y por ende mayor solubilidad de O₂, en invierno. Este efecto se nota más claramente en Bahía San Quintín que en Bahía Falsa. La distribución superficial del porcentaje de saturación de oxígeno se muestra en las Figuras 24, 25, 26, y 27.

La distribución de pH se correlaciona estrechamente con la de O₂ (Figuras 6, 7, 11, y 12). Esto indica que los factores que afectan al pH son esencialmente los mismos que afectan al O₂. En la Figura 28 se puede apreciar una correlación positiva entre la variación diurna de pH y de O₂; se aprecia además que en la Estación 20 existe una mayor correlación que en la Estación 2, y que para los mismos valores de O₂, el pH es en general mayor en la Estación 2 que en la Estación 20. Lo anterior posiblemente se deba a que en la Estación 2 el proceso de fotosíntesis sea más intenso que en la Estación 20 y al hecho de que la T°C es mayor en la Estación 2. La fotosíntesis aumenta la concentración de O₂, y aumenta también el pH debido al consumo de bióxido de carbono. Una intensa fotosíntesis acoplada con un aumento de T°C, debido a la irradiación solar, puede causar un aumento de O₂ y de pH seguido de una disminución de O₂, por la disminución de la solubilidad de oxígeno y su escape hacia la atmósfera. El intercambio de oxígeno con la atmósfera no afecta el pH. Para corroborar lo anterior se necesitan datos de productividad orgánica primaria en ambas estaciones.

La bahía es un buen ejemplo de un sistema con equilibrio entre los componentes físicos y bióticos. Odum (1971) menciona que este tipo de sistemas tienen una alta productividad biológica. Consisten de varios subsistemas básicos unidos por el flujo de las mareas. Los principales subsistemas son: las zonas bajas de alta productividad orgánica primaria (fotosíntesis); y el subsistema de los canales, en el cual la respiración excede a la fotosíntesis.

Estudios como el presente son considerados muy importantes como punto de referencia para el estudio de bahías adyacentes a zonas densamente pobladas y que han sido fuertemente contaminadas. El estudio de una bahía como la de San Quintín nos da a conocer las condiciones hidrológicas antes de la introducción de contaminantes.

Con relación al desarrollo de maricultivos, aunque no se cuenta todavía con la información de un ciclo anual completo, se pueden obtener algunas conclusiones significativas, por ejemplo, se tenía programado el experimentar en proyectos pilotos, entre otros, a la especie *Crassostrea virginica* (ostión americano), pero Loosanoff (1965) menciona que esta especie no puede desarrollarse en aguas con S⁰/₀₀ mayor de 30.0⁰/₀₀. De acuerdo con nuestros resultados, la S⁰/₀₀ en San Quintín es persistentemente mayor de 30.0⁰/₀₀, por lo cual se descarta la posibilidad de cultivo de *C. virginica*.

De acuerdo con Galtsoff (1964), se puede establecer en general que *Crassostrea virginica*, *C. gigas*, y probablemente *C. angulata* son más

tolerantes a aguas de baja S⁰/₀₀; mientras que *Ostrea lurida* y *O. edulis* sobreviven mejor en ambientes con mayor S⁰/₀₀ y menor turbidez. Por lo anterior se establece que posiblemente las dos especies más indicadas para ser cultivadas en San Quintín sean *O. lurida* y *O. edulis*.

De acuerdo con Sevilla (1959) la temperatura influye fundamentalmente en los procesos reproductivos, nutritivos y en el crecimiento, y que el rango de T°C que los ostiones pueden tolerar es de 10.0°C a 30.0°C, por lo cual la temperatura no es un factor limitante en San Quintín, durante invierno y primavera.

Galtsoff (1964) realizó experimentos para estudiar el efecto del pH en los ostiones y concluyó que tiene un efecto muy pronunciado en la velocidad de consumo de oxígeno.

De acuerdo con Calabrese (1972) para obtener un buen abastecimiento de ostiones, el pH de las aguas no debe ser menor de 6.75 o mayor de 9.00. Por lo anterior se concluye también que el pH no es un factor ecológico limitante durante invierno y primavera para los ostiones, en San Quintín.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de S⁰/₀₀, se descarta la posibilidad de cultivo de *Crassostrea virginica* y se sugieren, como las especies más adecuadas para cultivo, *Ostrea lurida* y *Ostrea edulis*.

En general, las condiciones atmosféricas afectan más las aguas someras de los extremos internos de la bahía que al resto.

La variación diurna de S⁰/₀₀ está afectada principalmente por el ciclo de mareas; mientras que la variación diurna de T°C está afectada por el ciclo de mareas y por el ciclo diurno de irradiación solar.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Ruiz, M. J., and 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, S., and L. A. Galindo Bect. 1974. Hidrología del alto Golfo de California—I. Condiciones durante otoño. *Ciencias Marinas*, 1(1): 46-64.
- Alvarez Borrego, S., and R. Schwartzlose. 1973. Algunos problemas oceanológicos de los mares adyacentes a la Península de Baja California. *CALAFIA*, 2(2): 37-39.
- Barnard, L. 1962. Benthic marine exploration of Bahía de San Quintín, Baja California, 1960-61. *Pac. Nat.*, 3(6): 249-274.
- 1964. Marine amphipoda of Bahía de San Quintín, Baja California. *Pac. Nat.*, 4(3): 55-139.
- 1970. Benthic ecology of Bahía de San Quintín, Baja California. *Smithsonian Contr. Zool.*, (44): 1-60.
- Calabrese, A. 1972. How some pollutants affect embryos and larvae of American oyster and hard shell clam. *Mar. Fish. Rev.*, 34(11-12): 66-77.
- Dawson, E. Y. 1962. Benthic marine exploration of Bahía de San Quintín, Baja California. 1960-61, Marine and Marsh vegetation. *Pac. Nat.*, 3(7): 275-280.
- Galtsoff, P. S. 1964. The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. U. S. Fish and Wildl. Serv., *Fish. Bull.*, 64: 1-480.

- Gorsline, D. F., and R. A. Stewart. 1962. Benthic marine exploration of Bahía de San Quintín, Baja California, 1960-61. *Marine and Quaternary Geology. Pac. Nat.*, 3(8): 281-319.
- 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 p.
- Keen, A. M. 1962. A new west Mexican subgenus and new species of Montacutidae (Mollusca: Pelecypoda), with a list of Mollusca from Bahía de San Quintín. *Pac. Nat.*, 3(9): 321-328.
- Loosanoff, V. L. 1965. The American or Eastern oyster. U. S. Bur. Com. Fish., Fish and Wildl. Serv., Circ. 205: 1-35.
- Menzies, R. J. 1962. The marine isopod fauna of Bahía de San Quintín, Baja California, Mexico. *Pac. Nat.*, 3(11): 337-348.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. W. B. Saunders Co. Phila. 574 p.
- Reish, D. J. 1963. A quantitative study of the benthic polychaetous annelids of Bahía de San Quintín, Baja California. *Pac. Nat.*, 3(14): 397-436.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. Departamento de Hidrometría Oficina de Ensenada. Datos Climatológicos (no publicados).
- Sevilla, M. L. 1959. Datos biológicos para el cultivo de ostión de Guaymas, Son. SIC., Dir. General de Pesca e Ind. Conexas.
- Smith, R. L. 1968. Upwelling. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 6: 11-46.
- Strickland, H. D., and T. R. Parsons. 1965. A practical handbook of sea water analysis. *Fish. Res. Bd. Canada, Bull.*, (167): 1-311.