

HIDROLOGÍA DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA—I. CONDICIONES DURANTE OTOÑO

SAÚL ALVAREZ BORREGO

y

LUIS ARNULFO GALINDO BECT

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

ABSTRACT

Some preliminary results from the October and December (1972) cruises are presented. Even though we do not have the information from a complete year cycle, we have deduced some conclusions. The surface temperature and salinity distributions for the two cruises indicate that the net circulation, without considering tides, is counterclockwise. Some characteristics of the distribution of the suspended sediments shown by space photographs taken by the ERTS-I satellite, support this. This solves the discrepancy presented by Thompson (1969) in favor of the counterclockwise circulation. According to this, the pollutants of any type that come from the Colorado river delta zone, carried by the river waters, would affect much more intensively the portion of the upper northern gulf near the Baja California coast than the portion near the Sonora coast; and the pollutants coming from remote sources (i.e.: the central Gulf of California) carried by marine currents, would affect the portion near the Sonora coast more than that near the Baja California coast. Comparing the dissolved oxygen surface distribution for October with that of December, we can deduce that the pollutants carried by the Colorado river, such as pesticides concentrated in planktonic organisms and suspended organic matter, and those absorbed in suspended sediments, are incorporated to the marine environment in a fashion as irregular as the fluvial regime of this zone. This indicates that any quantification of the pollutant income from river streams to the upper northern gulf, can only be presented in terms of total quantities per year and not in terms of a continuous flux.

RESUMEN

En este informe preliminar se presentan algunos resultados de los cruceros de octubre y diciembre de 1972 en el alto Golfo de California. Aún cuando no se cuenta todavía con la información de un ciclo anual completo se han deducido algunas conclusiones. La distribución superficial de temperatura y salinidad para los dos cruceros indica que la circulación neta, sin considerar el flujo y reflujos de las mareas, es rotatoria en el sentido contrario a las manecillas del reloj. Algunas características en la distribución de sedimentos en suspensión, mostradas por fotografías espaciales tomadas por el satélite ERTS-I, apoyan lo anterior. Esto resuelve la discrepancia presentada

por Thompson (1969) a favor de la circulación rotatoria en el sentido contrario a las manecillas del reloj. De acuerdo con lo anterior, los contaminantes de cualquier tipo, que provengan de la zona del delta del Río Colorado, acarreados por las aguas del río, afectarán con mucha más intensidad a la zona del alto Golfo de California cercana a la costa de Baja California que a la zona cercana a la costa de Sonora; y los contaminantes que provengan de fuentes remotas (v.g.: de la parte central del Golfo de California) acarreados por las corrientes marinas, afectarán más a la zona cercana a la costa de Sonora que a la zona cercana a la costa de Baja California. Comparando la distribución superficial de oxígeno disuelto para el crucero de octubre con la del crucero de diciembre se puede deducir que los contaminantes acarreados por el Río Colorado tales como pesticidas concentrados en organismos planctónicos y restos orgánicos en suspensión, y los adsorbidos en sedimentos en suspensión, son incorporados al medio marino de una manera tan irregular como el régimen pluvial de la zona. Lo anterior indica que la cuantificación de los aportes de contaminantes por vía hidráulica, al alto golfo, solamente se puede presentar en términos de cantidades totales por año, y no en forma de un flujo continuo.

RECONOCIMIENTOS

El presente trabajo fué realizado bajo contrato número OQC-7202 para la Dirección General de Acuicultura de la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Los autores agradecen a Daniel Muñoz Ferreira su disposición favorable para que este trabajo sea publicado. El presente trabajo fué también subvencionado, en parte pequeña, por la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de California. Agradecemos a Richard Schwartzlose de Scripps su gran y desinteresada disposición para ayudarnos. Agradecemos a John Hendrickson de la Universidad de Arizona el habernos permitido utilizar la embarcación ADVENTYR para la realización de este trabajo, y el haber puesto a nuestra disposición las copias de las fotografías tomadas por el satélite ERTS-I, de las cuales se incluye una en este informe. Finalmente agradecemos la valiosa colaboración en los cruceros de los compañeros Bernardo P. Flores Baez y Jorge A. Rivera, y del patrón del ADVENTYR David Cabrera González. Este trabajo es parte de la tesis

profesional de Luis A. Galindo Bect, para obtener el título de oceanólogo.

INTRODUCCIÓN

En octubre de 1972 se dió comienzo a los estudios hidrológicos del alto Golfo de California (de aproximadamente 31°N hacia el norte), como parte de los trabajos que la Unidad de Ciencias Marinas ha estado realizando para la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Los objetivos de estos estudios son los siguientes:

a) Conocer el cuadro ambiental en el alto Golfo de California. Es decir, conocer la distribución espacial en esta zona, de las diferentes propiedades hidrológicas, físicas y químicas, y los cambios de esta distribución en función del tiempo a través de un ciclo anual. Esto se podrá utilizar para correlacionarlo con la ecología de las diferentes especies biológicas, sobre todo las de importancia comercial como el camarón y la totoaba.

b) Proveer información sobre la dinámica física y química del ecosistema en el alto Golfo de California, como una herramienta más en los estudios de contaminación, que permita dilucidar los mecanismos de incorporación de los contaminantes al medio ambiente marino. Para este fin, al contar con la información completa después de un año de estudio, se podrán construir modelos que permitirán predecir con bastante precisión el impacto de contaminantes en el ecosistema.

Las características hidrológicas, físicas y químicas, de nuestra área de interés, no se habían estudiado antes de que este trabajo diera comienzo con el crucero que se realizó en octubre 1972. Rosenberg (1969) realizó una revisión de los trabajos publicados sobre las características físicas y químicas oceanológicas de la parte norte del golfo (de Isla Ángel de la Guarda hacia el norte) y no presenta datos de nuestra área de interés. Thompson (1969) reportó algunos pocos datos de salinidad, tomados en marzo de 1968 en la costa de Sonora, cerca de Santa Clara. El estudio de esta parte del Golfo de California es muy importante para un mejor entendimiento de la dinámica del golfo como un todo, y para una mejor comprensión del mismo como ecosistema.

OBTENCIÓN DE DATOS

Durante otoño de 1972 se realizaron dos cruceros utilizando la embarcación ADVENTYR, del 25 al 27 de octubre y del 9 al 14 de diciembre. La posición de las estaciones de muestreo no fué la misma en los dos cruceros (Figuras 1 y 2). En cada crucero se hicieron determinaciones de temperatura *in situ* (T°C), de pH y de concentración de oxígeno disuelto (O₂); y se tomaron muestras de salinidad (S⁰/₀₀), alcalinidad y nutrientes (fosfatos, nitratos y silicatos) para su posterior análisis en el laboratorio. Las determinaciones de O₂ se realizaron de acuerdo con el procedimiento descrito por Strickland y Parsons

(1965) para el método Macro-Winkler. La T°C se determinó utilizando termómetros reversibles. El pH se determinó con un potenciómetro Orion, modelo 407, y la S⁰/₀₀ se determinó con un salinómetro Beckman, modelo 118WA200. En el presente escrito no se presentan resultados de alcalinidad y nutrientes; solamente se describe la distribución superficial de O₂, T°C, S⁰/₀₀ y pH.

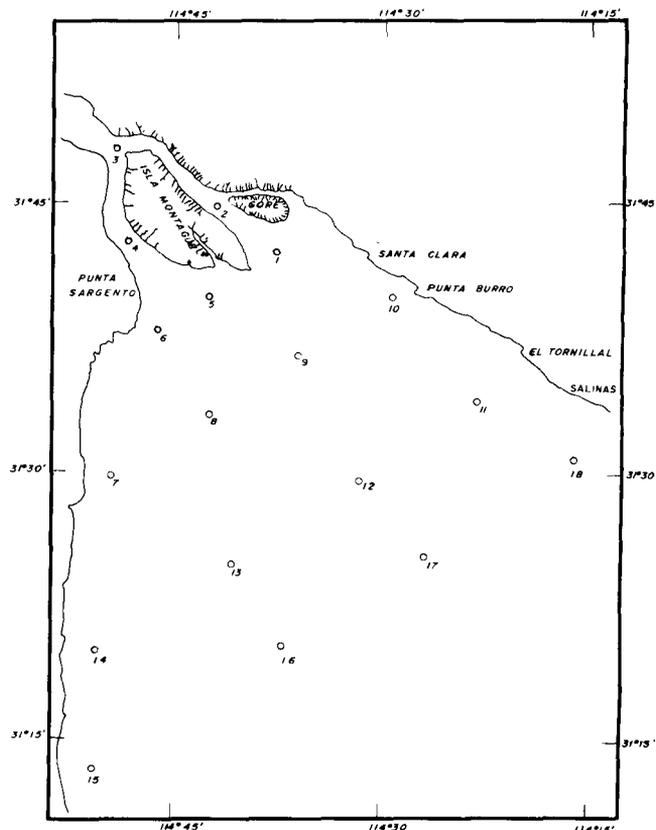


FIGURA 1. Localización de las estaciones hidrológicas ocupadas en el crucero de octubre.

Al estudiar la distribución superficial de los parámetros físicos y químicos se debe tomar en cuenta que en un determinado crucero las diferentes estaciones no se ocupan simultáneamente. En algunas ocasiones existen no solamente horas sino hasta días de diferencia entre los tiempos en que se ocuparon las diferentes estaciones. Al estar dibujando una gráfica que muestra la distribución superficial de una variable estamos asumiendo que los datos se tomaron simultáneamente, por lo tanto la gráfica es sólo una aproximación a la realidad. Si los rangos de variación en función del tiempo exclusivamente, son relativamente pequeños para la duración del crucero, la aproximación es aceptable. En el caso particular de nuestra zona de interés, más importante que las variaciones que ocurren de día a día, son las que ocurren a través de un día determinado en que se realizan muestreos. Por ejemplo, en un punto geográfico determinado en el

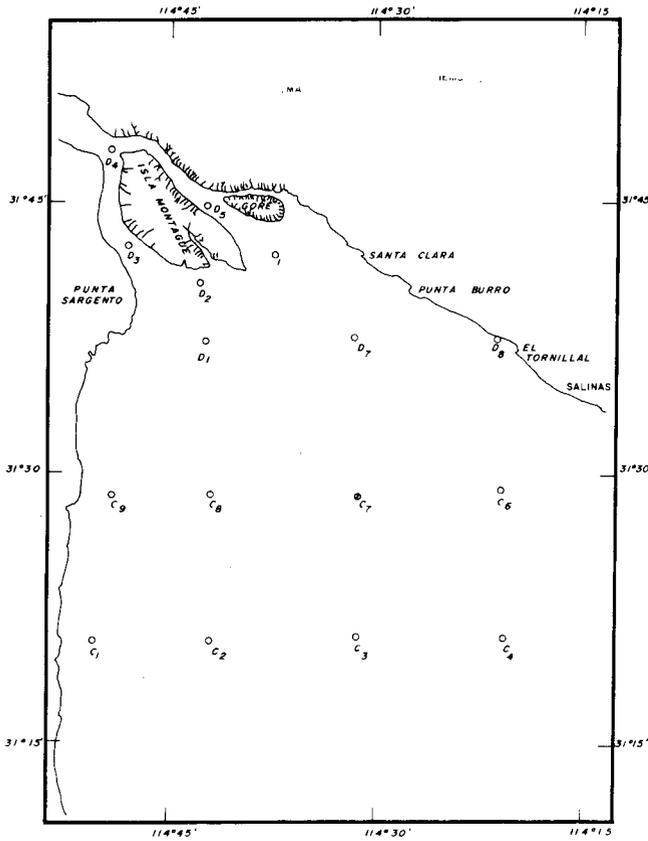


FIGURA 2. Localización de las estaciones hidrológicas ocupadas en el crucero de diciembre.

alto Golfo de California, la diferencia en los valores de un parámetro de las 12:00 a las 24:00 horas del mismo día es mayor que de las 12:00 horas de un día a las 12:00 horas del día siguiente. En un escrito posterior se discutirá la variación diurna de $T^{\circ}C$, $S^{\circ}/_{00}$, O_2 y pH en esta zona.

RESULTADOS

Tanto durante el mes de octubre como durante el mes de diciembre, la temperatura superficial en la parte norte del Golfo de California disminuye del sureste al noroeste (Figuras 3 y 4). Durante el crucero de octubre la temperatura superficial más baja fué de $20.20^{\circ}C$ y se registró al norte de isla Montague (Estación 3, Figura 1). Durante el crucero de diciembre fué de $8.25^{\circ}C$ y se registró al oeste de isla Montague (Estación D3, Figura 2). En general las temperaturas más bajas se registran al norte de isla Montague. El hecho de que durante el crucero de diciembre se registrara al oeste de isla Montague se debió a que la Estación D3, localizada en ese sitio, se ocupó a las 06:55 horas, mientras que la D4 (Figura 2), localizada al norte de isla Montague, se ocupó a las 14:47 horas del día anterior. La temperatura superficial en la Estación D4 fué mayor que en la D3 por el efecto de la variación diurna debido a la radiación solar.

En el área estudiada, la temperatura superficial más elevada durante el crucero de octubre fué de

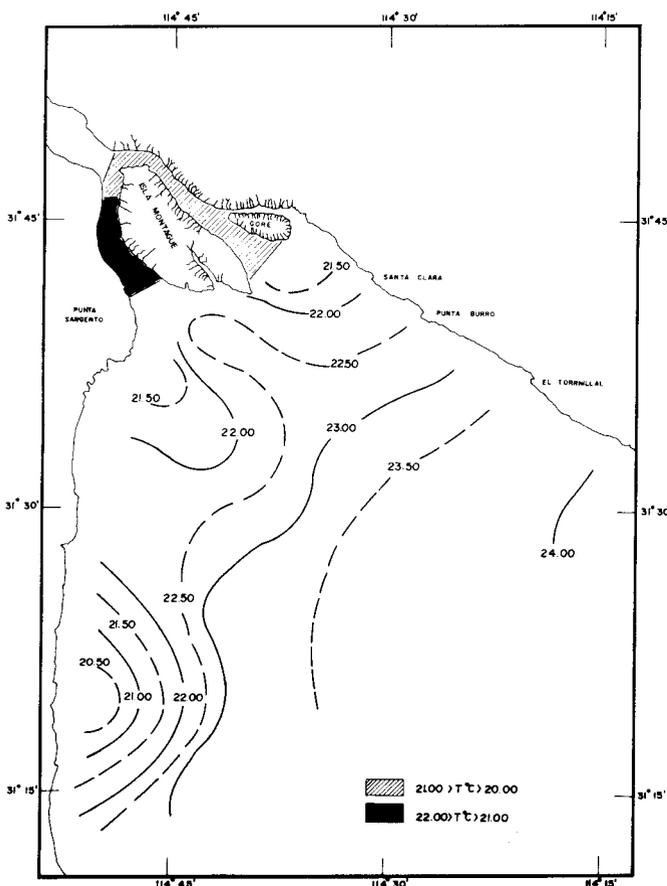


FIGURA 3. Distribución superficial de $T^{\circ}C$ para el crucero de octubre.

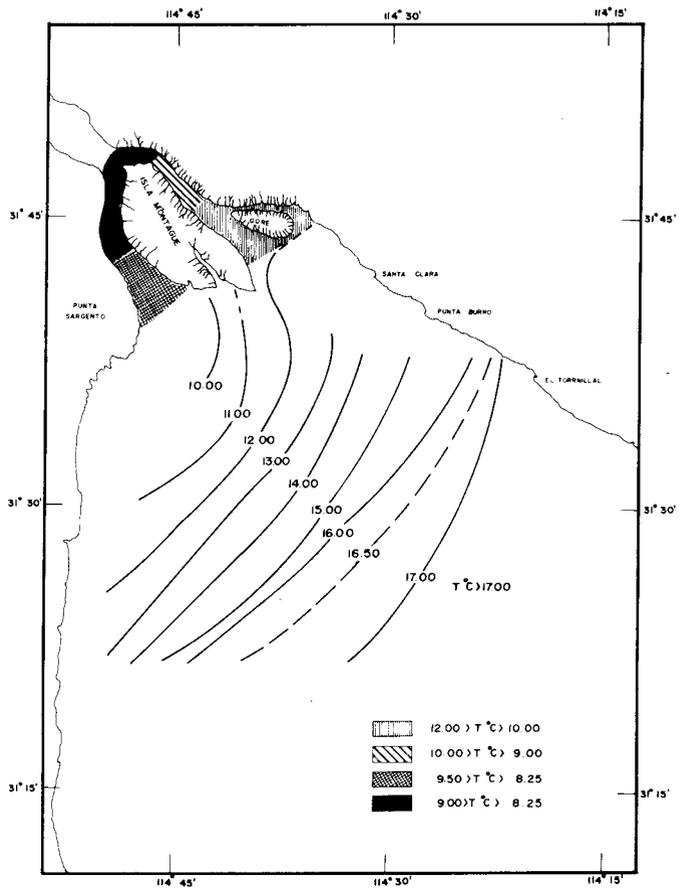


FIGURA 4. Distribución superficial de $T^{\circ}C$ para el crucero de diciembre.

24.00°C y se registró en la estación más oriental (Estación 18, Figura 1). Durante el crucero de diciembre fué de 17.55°C (Estación C6, Figura 2). La distribución de temperatura fué más irregular durante octubre que durante diciembre (Figuras 3 y 4).

A diferencia de las distribuciones de T°C, las de $S^0/_{00}$ para los dos cruceros no son similares (Figuras 5 y 6). Para el crucero de octubre la distribución superficial de $S^0/_{00}$ muestra una lengüeta de valores altos, proveniente del sur, en la parte central (Figura 5). A los lados de esta lengüeta los valores decrecen hacia ambas costas. Los valores más bajos se registraron al norte de isla Montague, donde el mínimo fué de $35.28^0/_{00}$. Las aguas cercanas a la costa de Baja California tenían en general valores de salinidad más bajos que los de las aguas cercanas a la costa de Sonora (Figura 5). La $S^0/_{00}$ superficial más alta registrada durante el crucero de octubre fué de $36.18^0/_{00}$ (Estación 13, Figura 1).

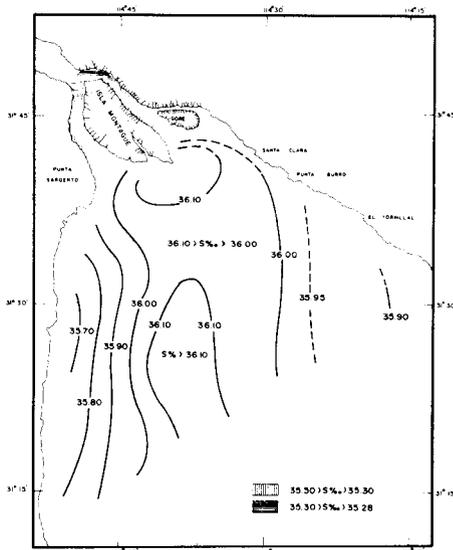


FIGURA 5. Distribución superficial de $S^0/_{00}$ para el crucero de octubre.

Para el crucero de diciembre la distribución superficial de $S^0/_{00}$ muestra una lengüeta de valores altos, que se origina en la parte cercana a la costa de Baja California y se extiende hacia la costa de Sonora (Figura 6). La situación es casi inversa que en el crucero de octubre. El máximo de $S^0/_{00}$ ($37.73^0/_{00}$) se registró al oeste de isla Montague (Estación D3, Figura 2). Las más bajas salinidades se registraron en la parte oriental de nuestra zona de estudio, cerca de la costa de Sonora. En general la $S^0/_{00}$ aumenta hacia el noroeste (Figura 6).

Semejante al caso de la $S^0/_{00}$, la distribución superficial de O_2 para el crucero de octubre no es similar a la del crucero de diciembre (Figuras 7 y 8). Durante el crucero de octubre la distribución superficial de O_2 fué relativamente compleja (Figura

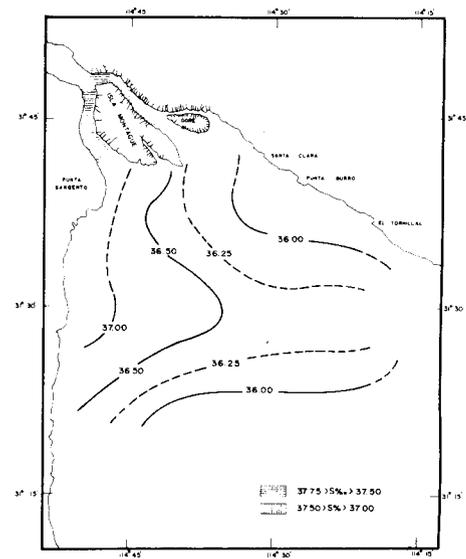


FIGURA 6. Distribución superficial de $S^0/_{00}$ para el crucero de diciembre.

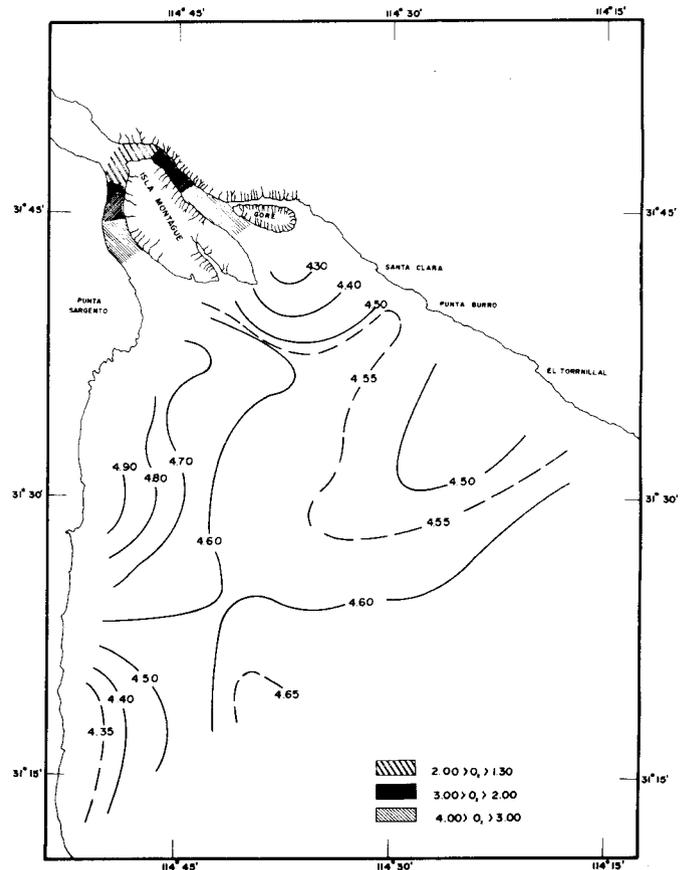


FIGURA 7. Distribución superficial de O_2 para el crucero de octubre.

7). La única tendencia general se registró en la parte norte donde el O_2 aumentó de la costa de Sonora a la costa de Baja California. El valor superficial mínimo de O_2 se registró al norte de isla Montague y fué de 1.33 ml/l. El máximo fué de 4.96 ml/l y se registró cerca de la costa de Baja California, en la Estación 7 (Figura 1).

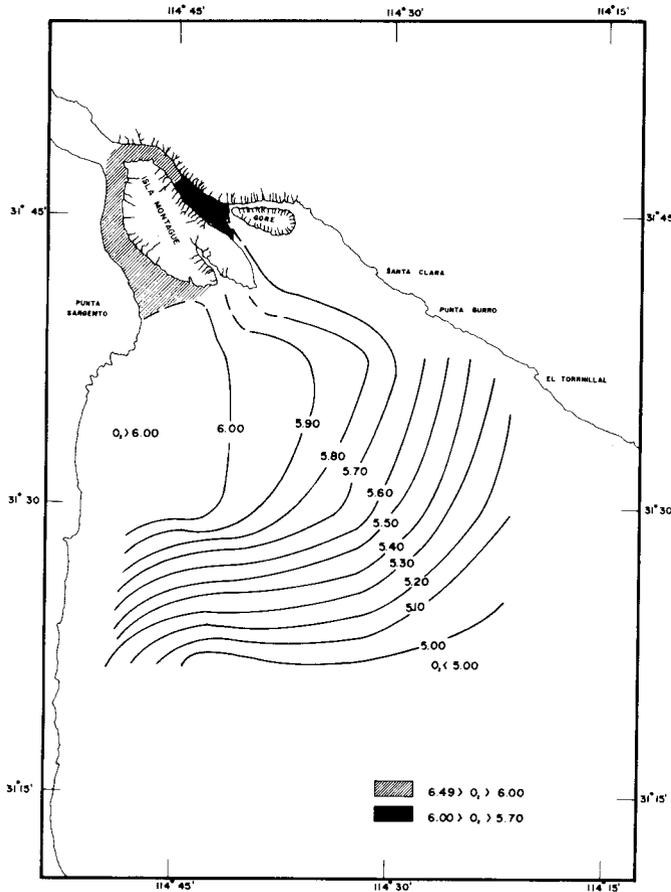


FIGURA 8. Distribución superficial de O_2 para el crucero de diciembre.

Durante el crucero de diciembre, la distribución superficial de O_2 indica en general un aumento de sureste a noroeste (Figura 8). Las isogramas de O_2 muestran un comportamiento muy semejante al de las isotermas (Figuras 4 y 8). El valor superficial máximo de O_2 para el crucero de diciembre se registró al oeste de isla Montague (Estación D3, Figura 2) y fué de 6.49 ml/l. El valor mínimo fué de 4.90 ml/l y se registró en la Estación C2 (Figura 2).

Durante el crucero de octubre el pH superficial mostró en general la tendencia a disminuir del suroeste al noroeste (Figura 9). El valor mínimo superficial de pH se registró, al igual que el de O_2 y $T^{\circ}C$, al norte de isla Montague (Estación 3, Figura 1) y fué de 7.83. El valor máximo se registró en la Estación 14 (Figura 1) y fué de 8.32.

La distribución superficial de pH en el crucero de diciembre mostró una característica especial, no

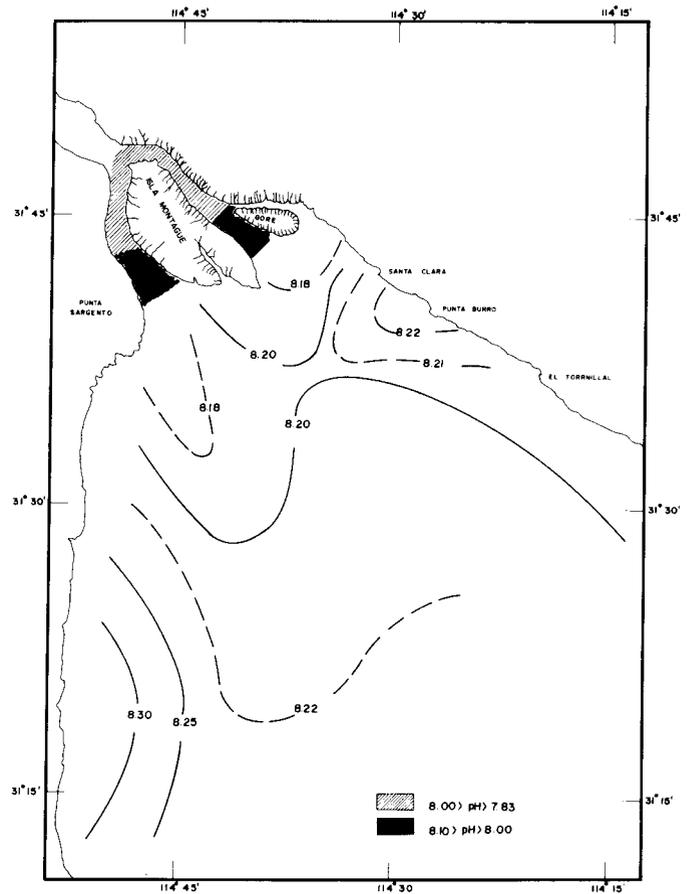


FIGURA 9. Distribución superficial de pH para el crucero de octubre.

mostrada por ninguno de los parámetros mencionados anteriormente (Figura 10). Los valores de pH fueron mínimos en la parte sur, en el centro, y aumentaron en forma concéntrica hacia la costa (Figura 10). El valor mínimo superficial de pH se registró en la Estación C3 (Figura 2) y fué de 7.63. El valor máximo se registró al este de isla Montague (Estación D5, Figura 2) y fué de 8.27.

DISCUSIONES

La distribución superficial de $T^{\circ}C$, $S^{\circ}/_{00}$, O_2 , y pH para los cruceros de octubre y diciembre de 1972 muestran claramente la tremenda variabilidad de las condiciones ambientales en nuestra zona de estudio. La influencia de la profundidad y de los fenómenos atmosféricos, tales como los cambios de temperatura del aire y la precipitación pluvial, en esta variabilidad, se puede deducir comparando los resultados de octubre con los de diciembre. Por ejemplo, en las aguas superficiales de la zona circundante a isla Montague la diferencia de $T^{\circ}C$ entre octubre y diciembre fué de casi $12^{\circ}C$, mientras que en la parte más suroriental de nuestra zona de estudio la diferencia entre octubre y diciembre fué solamente de cerca de $6.5^{\circ}C$. Esto se debe a que las aguas cercanas a isla Montague son muy someras, de

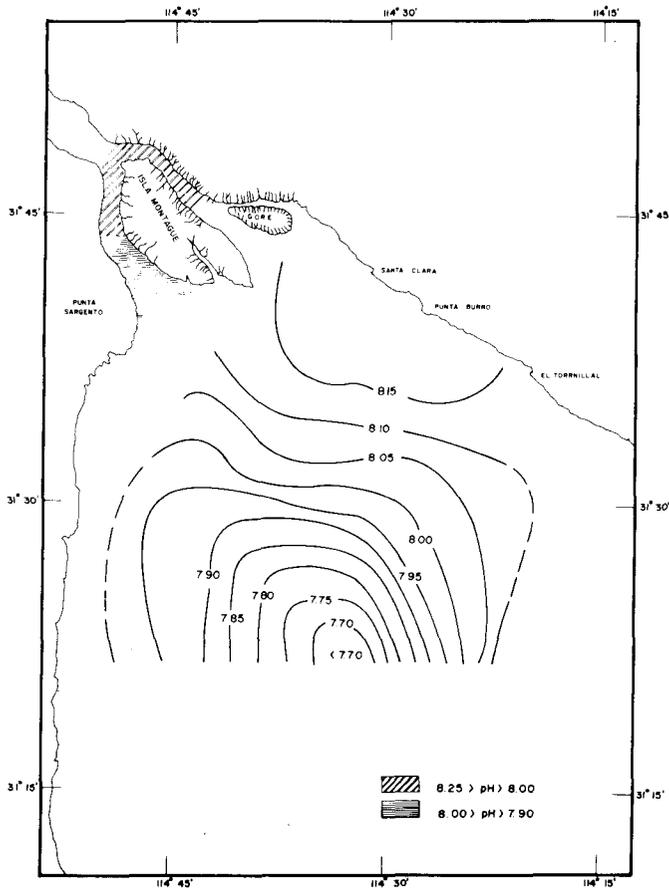


FIGURA 10. Distribución superficial de pH para el crucero de diciembre.

tal manera que los cambios de temperatura atmosférica las afectan mucho más que a las aguas de más al sur donde la profundidad es mayor.

En los días que precedieron al crucero de octubre se registró una precipitación pluvial relativamente abundante para esta zona. En la estación meteorológica de la Secretaría de Recursos Hidráulicos en Mexicali, se registraron 21.0 y 55.5 mm de precipitación pluvial el 6 y 7 de octubre respectivamente. En la estación de San Felipe, B.C., se registraron 240 mm el día 5 de octubre; para el resto de los días que precedieron al crucero no se reportaron datos meteorológicos de la estación de San Felipe (Rep. de datos, Dir. de Hidrol. Div. Ensenada, SRH). La Figura 5 muestra claramente la influencia de la precipitación pluvial en la distribución superficial de $S^{0/00}$ para el crucero de octubre. Las bajas salinidades en las aguas cercanas a la costa son producto de la influencia de escurrimientos (arroyos, etc.). El mínimo de $S^{0/00}$ al norte de isla Montague es producto de la aportación de agua dulce del sistema del delta del Río Colorado, durante estas lluvias.

Groen (1969) describe dos tipos de situaciones en lagunas costeras: una llamada estuarina y otra llamada antiestuarina. Cuando el aporte de agua

dulce por ríos, arroyos, etc., excede a la evaporación, existe una situación estuarina; en el caso inverso la situación es antiestuarina. Una clasificación semejante a este puede hacerse para zonas como el alto Golfo de California. Las Figuras 5 y 6 muestran que durante el crucero de octubre la situación era estuarina, y durante el crucero de diciembre era antiestuarina. El ascenso de $S^{0/00}$ mostrado por la Figura 5, de la desembocadura del Río Colorado a mar adentro, es una condición que solamente puede explicarse en términos de la influencia del aporte de agua dulce por el río. Mientras que el gradiente de $S^{0/00}$ mostrado por la Figura 6, indica que en diciembre la evaporación fué mayor que el aporte de agua dulce.

La distribución superficial de $T^{\circ}C$ y $S^{0/00}$ para los dos cruceros (Figuras 3, 4, 5 y 6) indica que la circulación neta, sin considerar el flujo y reflujo de las mareas, es rotatoria en el sentido contrario a las manecillas del reloj. Thompson (1969) reportó que mediciones de corrientes de mareas mar adentro indican un sistema rotatorio en el sentido de las manecillas del reloj, mientras que mediciones a lo largo de la costa indican una circulación contraria a las manecillas del reloj. Thompson (1969) indicó también que la distribución de sedimentos, la turbidez y la orientación de ondas grandes de arena en las marismas, indican una circulación contraria a las manecillas del reloj. Si la circulación neta es rotatoria en el sentido contrario al de las manecillas del reloj, se debe observar una influencia de las condiciones hidrológicas de la zona circundante a isla Montague en la zona cercana a la costa de Baja California; y se debe observar una influencia de las condiciones hidrológicas de la región oceánica del Golfo (al sur de nuestra zona de estudio) en la zona cercana a la costa de Sonora, cerca de Santa Clara. En efecto, las Figuras 3 y 4 muestran que las temperaturas mínimas se registraron en la zona de isla Montague y las temperaturas en la zona cercana a la costa de Baja California fueron más bajas que las de la zona cercana a Sonora. La Figura 5 muestra que el mínimo de $S^{0/00}$ se registró al norte de isla Montague, y las salinidades de la zona cercana a Baja California fueron más bajas que las de la zona cercana a Sonora. La Figura 6 muestra que el máximo de $S^{0/00}$ se registró en la zona de isla Montague y las salinidades de la zona cercana a la costa de Baja California fueron más altas que las de la zona cercana a la costa de Sonora.

Fotografías espaciales tomadas por el satélite ERTS-I (Earth Resources Technology Satellite-I), puesto en órbita y operado por la National Aeronautical & Space Administration (NASA) de los Estados Unidos de América, muestran muy claramente la distribución de sedimentos en suspensión en el norte del Golfo de California (Fotografía 1). La Fotografía 1, tomada con luz infrarroja (8000 a $11000 \text{ cm} \times 10^{-8}$) muestra la

distribución de las partículas en suspensión en nuestra zona de estudio. Esta fotografía muestra que la mayor turbidez se encuentra en la boca del Río Colorado, disminuyendo hacia mar adentro. En la parte cercana a la costa de Baja California esta turbidez se extiende más hacia el sur que en la parte cercana a la costa de Sonora, indicando también una circulación rotatoria en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. La mayor parte de esta turbidez son arcillas en suspensión.



FOTOGRAFÍA 1. Fotografía espacial tomada por el satélite ERTS-I, con luz infrarroja (8000 a $11000 \text{ cm} \times 10^{-8}$) Alto Golfo de California.

Las gráficas y fotografía presentadas en este trabajo parecen resolver la discrepancia presentada por Thompson (1969) a favor de la circulación rotaria en el sentido contrario a las manecillas del reloj. Esto es muy importante para dilucidar diferentes fenómenos, pero en este trabajo nos concretamos a establecer la relación que tiene con los acarrees de contaminantes al alto Golfo de California. De acuerdo con lo establecido anteriormente, los contaminantes de cualquier tipo que provengan de la zona del delta del Río Colorado, acarreados por las aguas del río, afectarán con mucha más intensidad a la zona del alto Golfo de California cercana a la costa de Baja California que a la zona cercana a la costa de Sonora; y los contaminantes que provengan de fuentes remotas (v.g.: de la parte central del Golfo de California) acarreados por las corrientes marinas, afectarán más la zona cercana a la costa de Sonora que a la zona cercana a la costa de Baja California. Estas conclusiones no se pueden aplicar directamente a la explicación de la distribución de pesticidas porque es necesario considerar cuantitativa y conjuntamente los acarrees eólicos y

los acarrees hidráulicos de los contaminantes. Para esto se necesitan datos meteorológicos bastante completos y de contenido de pesticidas en los polvos acarreados por los vientos.

La distribución superficial de O_2 para el cruce de octubre (Figura 7) es relativamente compleja. Posiblemente esta complejidad se debió al aporte de materia orgánica acarreada por los escurrimientos producto de la precipitación pluvial. La oxidación de esta materia orgánica produjo un consumo de oxígeno más rápido que el suministro realizado por intercambio con la atmósfera. La distribución del porcentaje de saturación de O_2 (Figura 11) para el cruce de octubre muestra valores abajo de 100% en casi toda nuestra área de interés. Solamente en la Estación 7 (Figura 1) se registró un 100% de saturación. En general la distribución de pH concuerda con la de O_2 (Figuras 7 y 9). Las lengüetas de valores bajos de O_2 y de % de saturación de O_2 (Figuras 7 y 11) posiblemente indican entradas de arroyos de aporte considerable. El mínimo de O_2 registrado al norte de isla Montague (1.33 ml/l) es extremadamente bajo. En un principio se dudó de la veracidad del dato, pero se corroboró por un valor también muy bajo de pH (7.83, Figura 9). Esto indica que el aporte de materia orgánica en descomposición, por el Río Colorado, fué muy abundante. Okuda (1969) reportó un valor superficial mínimo de O_2 de 0.6 ml/l en la Laguna Unare, una laguna costera de Venezuela.

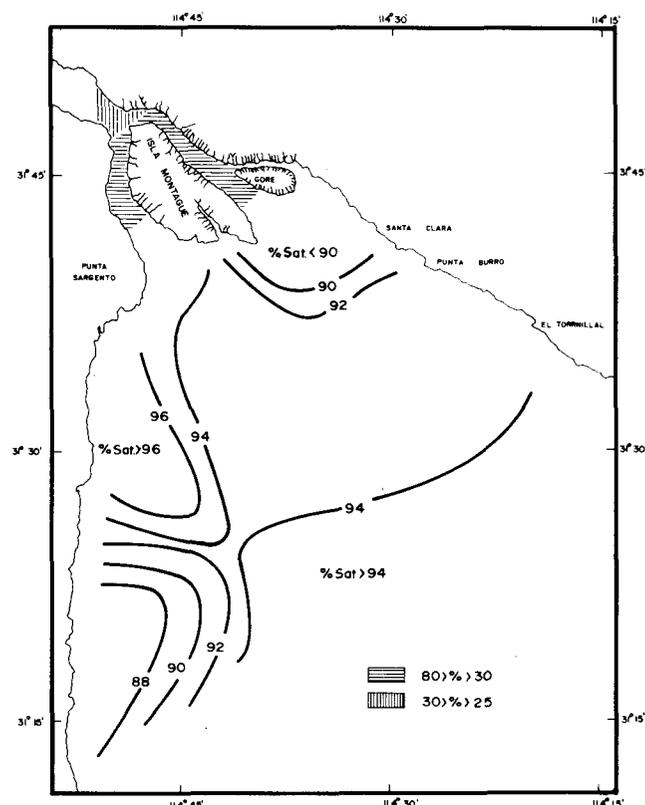


FIGURA 11. Distribución superficial de porcentaje de saturación de O_2 para el cruce de octubre.

La distribución superficial de O_2 , para el crucero de diciembre (Figura 8), al igual que la de salinidad, no muestra efectos de ningún aporte de agua dulce. Al no haber aporte de materia orgánica en descomposición el factor determinante que gobierna la distribución de O_2 es la temperatura y, en función de ella, el intercambio gaseoso con la atmósfera. Por esta razón, las isogramas de O_2 se comportan muy similar a las isotermas (Figuras 4 y 8) con valores elevados de O_2 donde la temperatura es baja, y viceversa. La distribución del porcentaje de saturación de O_2 para este crucero (Figura 12) muestra una distribución más regular que la de octubre (Figura 11), y con valores más cercanos a 100%. En la parte central de la zona de interés el porcentaje de saturación fué mayor de 100. El valor más alto registrado fué de 102, en la Estación C7 (Figura 2). Los valores más bajos se registraron en la parte sur (Figura 12), con un valor mínimo de 88 en la Estación C2 (Figura 2). Una posible explicación para estos valores bajos del porcentaje de saturación de O_2 es la de un cambio rápido de temperatura hacia valores más bajos, acompañado de procesos de mezcla y difusión más lentos en la parte sur que en la parte norte de nuestra área de interés.

Del hecho de que la distribución de O_2 para octubre muestra la influencia de la descomposición de materia orgánica, mientras que la de diciembre no la muestra, se puede deducir una conclusión sobre

el aporte de contaminantes por el Río Colorado al alto Golfo de California. Los contaminantes, tales como pesticidas concentrados en organismos planctónicos y restos orgánicos en suspensión, y los adsorbidos en sedimentos en suspensión, son incorporados al medio marino de una manera tan irregular como el régimen pluvial. Si existiera un aporte regular de materia orgánica y sus contenidos de contaminantes, por el Río Colorado, su influencia en la distribución de O_2 se hubiera detectado no solamente en octubre sino también en diciembre. Lo anterior indica que la cuantificación de los aportes de contaminantes por vía hidráulica, al alto golfo, solamente se puede presentar en términos de cantidades totales por año, y no en forma de un flujo continuo.

La distribución de pH para el crucero de diciembre (Figura 10) no se correlaciona con la de los otros parámetros. Para explicar esta distribución se hace necesario contar con mayor información (v.g.: sobre alcalinidad). El pH detecta un fenómeno en la parte sur, central, de nuestra zona de estudio, que no detectan los demás parámetros reportados en este escrito.

El tipo de información hidrológica que se presenta en este escrito no solamente puede ser utilizado para entender mejor la dinámica del ecosistema y la distribución de los pesticidas en el mismo. También se puede utilizar para construir modelos hidráulicos que permitan predecir la dispersión de un afluente. Con relación a los planes que existían para construir una planta nuclear de doble propósito, de desalinización y productora de energía eléctrica, en algún lugar cercano a Santa Clara, Son. (en nuestra área de interés), Matthews y Rosenberg (1969) mencionaron que para predecir el impacto de un afluente de alta salinidad y temperatura, producida por la planta, se hacía necesario contar con una mejor información oceanológica del área. Al no contar con los datos necesarios, Matthews y Rosenberg (1969) asumieron que la salinidad del alto Golfo de California era invariable en el tiempo y el espacio, y su valor era la media de las registradas en Puerto Peñasco, Son. En base a esto construyeron un modelo hidráulico para predecir el efecto de las aguas de desecho de la planta nuclear, con alta salinidad y temperatura, en la hidrología del alto golfo. Los resultados obtenidos por Matthews y Rosenberg (1969) pueden mejorarse mucho si se aplican las distribuciones espaciales de salinidad y temperatura que hemos encontrado en nuestros cruceros, en lugar de asumir valores constantes. Para que esto sea significativo debe utilizarse la información colectada a través de un ciclo anual. Matthews y Rosenberg (1969) consideraron sus resultados como "muy pobres". Un modelo semejante al de estos autores se puede desarrollar para predecir el efecto de las aguas de desecho de la geotermoelectrónica de Cerro Prieto, si estas aguas se introducen al medio marino. Éste es uno de los aspectos del trabajo que está en desarrollo.

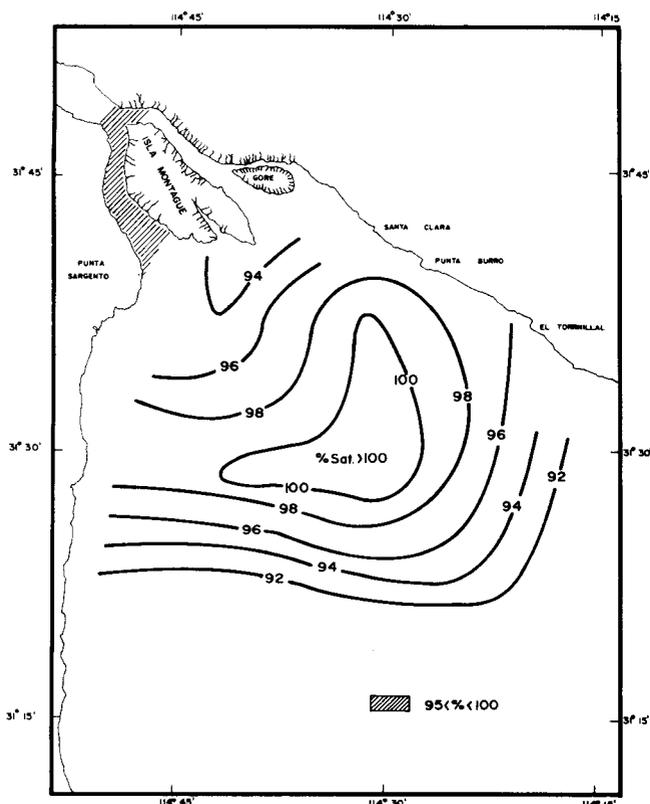


FIGURA 12. Distribución superficial de porcentaje de saturación de O_2 para el crucero de diciembre.

BIBLIOGRAFÍA

- Groen, P. 1969. Physical Hydrology of Coastal Lagoons. *En: Lagunas Costeras, Un Simposio*. Ed. A. Ayala-Castanares y F. B. Phleger. UNAM-UNESCO, México, D.F.
- Matthews, J. B., y D. H. Rosenberg. 1969. Possible effects of the Brine Effluents on Salinities of Northern Gulf Waters.: 127-139. *In: Environmental impact of brine effluents on Gulf of California*, U.S. Dept. Int., Saline Water, Res. and Dev. Prog. Rept., (387): 1-207.
- Okuda, T. 1969. Estudio comparativo de las condiciones hidrográficas de las lagunas Unare y Tacarigua, Venezuela. *En: Lagunas Costeras, Un Simposio*. Ed. A. Ayala Castanares y F. B. Phleger. UNAM-UNESCO, México, D.F.
- Rosenberg, D. H. 1969. Physical Oceanographic Features: 1) Distribution of Temperature, Salinity and Oxygen: 16-40. *In: Environmental impact of brine effluents on Gulf of California*. U.S. Dept. Int., Saline Water Res. and Prog. Rept., (387): 1-207.
- Strickland, H. D., y T. R. Parsons. 1965. A practical handbook of sea water analysis. Fish. Res. Bd. Canada, Bull., (167): 1-311.
- Thompson, R. W. 1969. Tidal currents and general circulation: 51-55. *In: Environmental impact of brine effluents on Gulf of California*. U.S. Dept. Int., Saline Water Res. and Dev. Prog. Rept., (387): 1-207.
- Thomson, D. A. 1969. Résumé of Site Visits to the El Golfo de Santa Clara Region: 104-109. *In: Environmental impact of brine effluents on Gulf of California*. U.S. Dept. Int., Saline Water Res. and Dev. Prog. Rept., (387): 1-207.