

DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE FOSFATOS Y
SILICATOS EN BAHIA SAN QUINTIN, B.C.

por:

SAUL ALVAREZ BORREGO* Y ALFREDO CHEE BARRAGAN**

(Recibido: Enero 21 1977)

*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C., 8va. y Espinoza 843. Ensenada, Baja California.

**Unidad de Ciencias Marinas Apartado Postal 453, Ensenada, Baja California.

Ciencias Marinas Vol. 3 Núm. 1 1976.

RESUMEN

La concentración de fosfatos y silicatos en Bahía San Quintín aumenta en general de la boca hacia los interiores de la misma. Alcanzan valores muy altos de hasta mas de $4\mu\text{M}$ para fosfatos, y mas de $38\mu\text{M}$ para silicatos. Las concentraciones de ambos en la boca son mas altas en verano que en invierno, por el efecto de las surgencias. Las mayores concentraciones en el interior no provocan necesariamente un aumento de biomasa en el fitoplancton, ya que ésta depende ademas de los gradientes de temperatura y salinidad, encontrándose en verano menores biombras asociadas con mayores concentraciones de nutrientes. La Bahía es un cuerpo productor de nutrientes inorgánicos en solución. Sus abundantes poblaciones de "pastos" marinos actúan como trampa de material orgánico, ocurriendo en el fondo un intenso proceso de remineralización. Esto actúa también como un mecanismo de azolvamiento mediante el cual la Bahía tiende a desaparecer. La distribución de fosfatos nos permite definir la de nitrógeno total equivalente.

ABSTRACT

The phosphate and silicate concentration in San Quintin Bay increases, in general, from the mouth to the interiors of the Bay. It reaches very high values of more than $4\mu\text{M}$ for phosphate, and more than $38\mu\text{M}$ for silicate. Both, phosphate and silicate, at the mouth, are higher during summer than winter, because

ALVAREZ BORREGO-CHEE BARRAGAN

of the upwelling effect. The higher concentration in the interior do not necessarily cause an increase of phytoplankton biomass; because the biomass depends also on the temperature and salinity gradients. During summer we found higher nutrients concentration associated with lower phytoplankton biomass. The bay is a water body that produces inorganic nutrients. Its abundant population of marine grasses act as a trap for organic matter, with intense remineralization occurring at the bottom. This is also a deposition mechanism that will cause the Bay to disappear. The phosphate distribution allows us to define the total equivalent nitrogen distribution.

INTRIDUCCION

Bahía San Quintín, como muchas otras lagunas costeras de Baja California, había sido improductiva desde el punto de vista pesquero. Sin embargo, mediante la aplicación de técnicas de maricultura se ha comenzado a utilizar para la producción de moluscos, aunque todavía de manera muy incipiente, La Cooperativa "Ensenada" ha comenzado a desarrollar en ella el cultivo de Crassostrea gigas (ostión japonés) con fines comerciales. El proceso que lleve a la producción de especies en cultivo, del orden de un millón de ejemplares en total por cosecha, que es apenas una producción piloto, a un número X de toneladas por unidad de área y tiempo que represente realmente el máximo rendimiento, y que sirva además de criterio para establecer el número de concesiones o de pescadores que van a sostenerse en cada laguna costera, involucra necesariamente un conocimiento adecuado de la fertilidad de las mismas.

Son variados los métodos que podrían utilizarse para determinar la fertilidad de un cuerpo de agua donde se planea desarrollar un maricultivo a plena escala comercial. Es necesario comenzar por definir qué se debe medir para establecer el grado de fertilidad. En agricultura es bien conocido que, entre otras características, la concentración de nitrógeno y fósforo del suelo es muy importante. Sin embargo, en maricultura muy a menudo se trata de cultivar animales y no algas, por lo cual la mera determinación de nutrientes inorgánicos no es suficiente, aunque pueden ser tomados como índice de fertilidad porque en principio se podría considerar que a mayor concentración de nutrientes inorgánicos mayor productividad orgánica primaria y por lo tanto mayor productividad orgánica secundaria, etc. Alvarez Borrego, Lara Lara y Acosta Ruíz (1975) expresan que, con relación al cultivo de filtroalimentadores, quizá el aspecto más importante es el determinar el aporte neto de material orgánico en suspensión que proviene de la zona oceánica adyacente, su distribución dentro de la laguna costera de acuerdo con la dinámica de la misma, y el aporte por fotosíntesis dentro de la laguna.

ALVAREZ BORREGO-CHEE BARRAGAN

Algo que complica grandemente el determinar lo anterior, es que estamos tratando con un medio muy dinámico por las corrientes de marea, efecto del viento, presencia o ausencia de surgencias en el océano adyacente, etc., lo cual no ocurre en agricultura. Además, el desarrollo de los cultivos mismos alterará el medio de una manera previsible solamente en forma imprecisa.

Como un comienzo modesto, hemos estudiado la distribución superficial de la concentración de fosfatos y silicatos en Bahía San Quintín, como indicadores de su fertilidad. La ventaja de utilizar estos nutrientes es que el fósforo sólo se encuentra presente en el agua de mar en forma de iones fosfato, su determinación rutinaria es relativamente sencilla y rápida; y en su paso de los compuestos orgánicos a la forma de iones en solución no cambia de estado de oxidación. Mientras que la regeneración de nitratos en el agua de mar es mas complicada; von Brand y Rakestran (1941) (citados por Redfield, Ketchum y Richards, 1963) encontraron que el nitrógeno se libera de la materia orgánica primero en forma de radical amonio, luego se oxida a nitritio y finalmente a nitrato, por lo cual la determinación de la concentración total de las sales de nitrógeno es más difícil; además de que una parte puede quedar en forma de materia orgánica disuelta. Los silicatos son utilizados por ciertos organismos para formar exoesqueletos, y su concentración puede ser un índice de la abundancia relativa de los mismos, tales como diatomeas. Al morir estos organismos, sus exoesqueletos se disuelven de una manera relativamente lenta, aumentando los silicatos en el agua de mar.

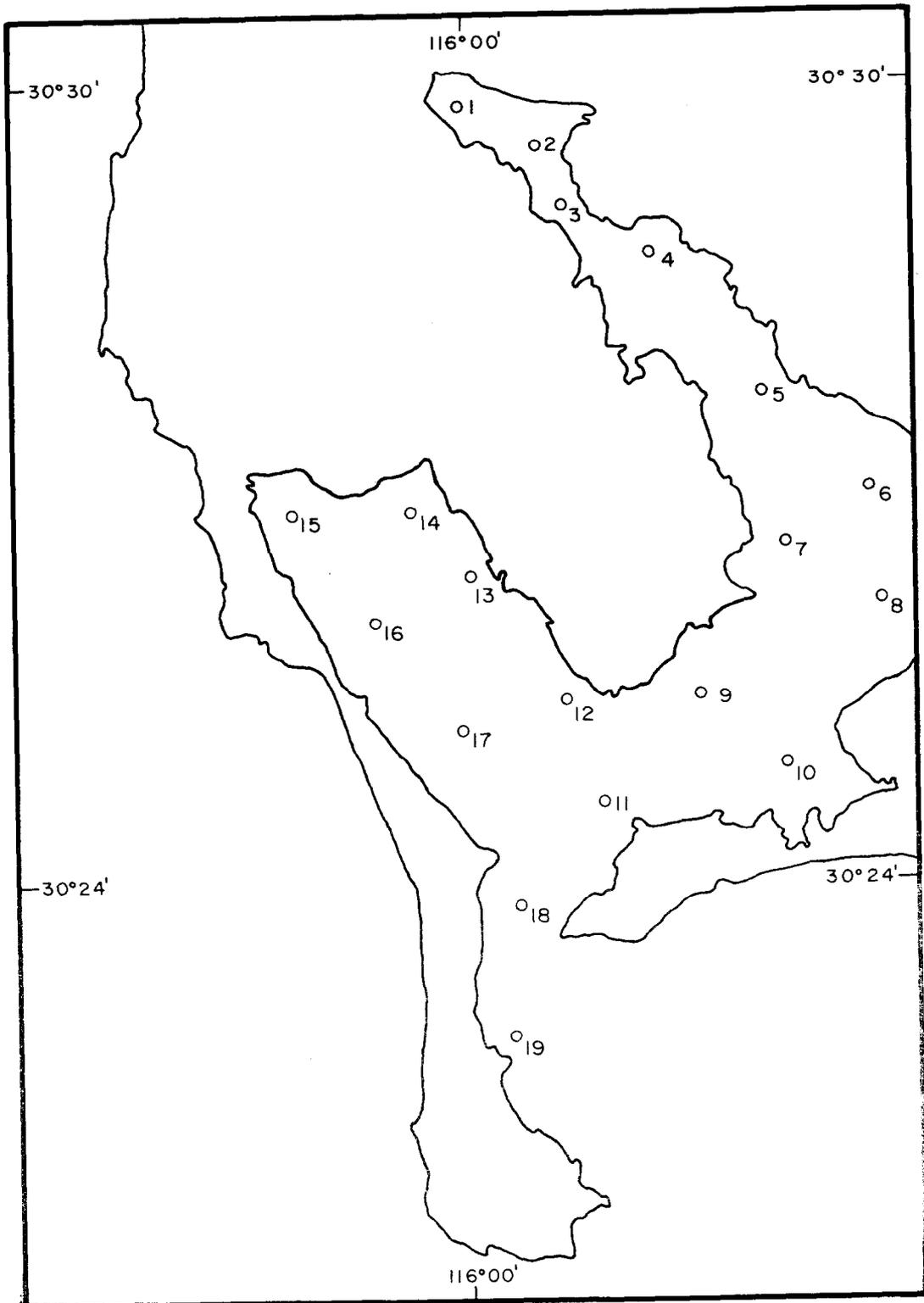
Bahía San Quintín está localizada en la costa noroccidental de Baja California entre los 30° 24'N y 30° 30'N. Chávez de Nishikawa y Alvarez Borrego (1974) dan una descripción extensa de ella y una relación de estudios anteriores realizados en ella.

Bástenos decir aquí, que en lo que sigue el nombre bahía San Quintín se referirá al brazo este de la bahía, y bahía Falsa al brazo oeste, que es como comúnmente se conocen.

METODOS Y MATERIALES

Se realizaron seis muestreos en las fechas siguientes: 14 y 15 de julio, 31 de agosto, 16 de septiembre, 23 de octubre y 30 de noviembre de 1973, y 16 de enero de 1974. Para ésto se utilizó un bote con motor fuera de borda, botella Van-Dorn y botellas de plástico. La posición de las estaciones de muestreo está dada en la figura 1. Además, se hicieron determinaciones de T°C del agua, pH y variables meteorológicas, y se tomaron muestras para análisis

NUTRIENTES BAHIA SAN QUINTIN



1. Localización de las estaciones de muestreo.

NUTRIENTES BAHIA SAN QUINTIN

de S^o‰, O₂ disuelto, fitoplancton y pigmentos fotosintéticos, pero los resultados de estas variables se presentan en otros escritos (Lara Lara y Alvarez Borrego, 1975; Alvarez Borrego, Ballesteros Grijalva y Chee Barragán, 1975; y Alvarez Borrego y López Alvarez, no publicado). A las muestras de nutrientes se les agregaba una gota de solución saturada de HgCl₂ y se congelaban utilizando hielo seco, inmediatamente después de ser tomadas. De esta manera se trasladaban al laboratorio donde se analizaban. Los métodos para el análisis fueron tomados de Strickland y Parsons (1965). Se utilizó un espectrofotómetro Coleman-Hitachi, modelo 139, con fotomultiplicador y capacidad de celdas de 1 a 10 cms.

RESULTADOS

Aunque se tienen datos de seis muestreos, solamente presentamos las gráficas mostrando la distribución de fosfatos y silicatos en julio y enero (Fig. 2), como representativas de las condiciones extremas en el año, aunque en lo que sigue se considerará lo más relevante de todos los resultados.

a. Fosfatos

En julio se observó un gradiente bien definido con valores aumentando de la boca hacia los extremos internos de ambos brazos (Fig. 2a). El valor máximo fue 2.7 μ M y se registró en la estación 3 (Fig. 1); el mínimo fue 1.2 μ M en la estación 18. La distribución en agosto fue similar a la de julio, pero los valores en los extremos internos de los brazos fueron mayores en agosto, y los valores de la zona adyacente a la boca fueron menores en agosto; es decir el gradiente fue más marcado en este mes. El valor máximo en agosto fue 3.0 μ M en la estación 3, y el mínimo fue 1.1 μ M en la 19 (Fig. 1). En septiembre los valores fueron iguales a los de agosto en la zona adyacente a la boca, con un mínimo de 1.2 μ M en la estación 18; el máximo fue 3.2 μ M en la estación 2. En octubre se presentó una distribución irregular en bahía San Quintín, con los valores aumentando y disminuyendo en sentido longitudinal; en la zona sureste se presentó un gradiente transversal con los valores aumentando hacia el SE; en bahía Falsa se presentó un gradiente muy bien marcado con los valores aumentando hacia el extremo interno. En noviembre se presentó una distribución más regular que en octubre, con los valores ascendiendo en general hacia los extremos internos de la Bahía, con excepción de una zona de valores bajos en la parte media oeste de bahía San Quintín. El máximo en noviembre fue 4.36 μ M y el mínimo fue 0.61 μ M, en las estaciones 15 y 18 respectivamente (Fig. 1). En enero la distribución fue en general homogénea y con valores relativamente bajos, aunque se mantuvo un ligero gradiente con valores mayores en los extremos internos (Fig. 2b). El máximo en enero fue 2.30 μ M y el mínimo fue 0.70 μ M en las estaciones 18 y 3 respectivamente (Figs. 1 y 2).

ALVAREZ BORREGO-CHEE BARRAGAN

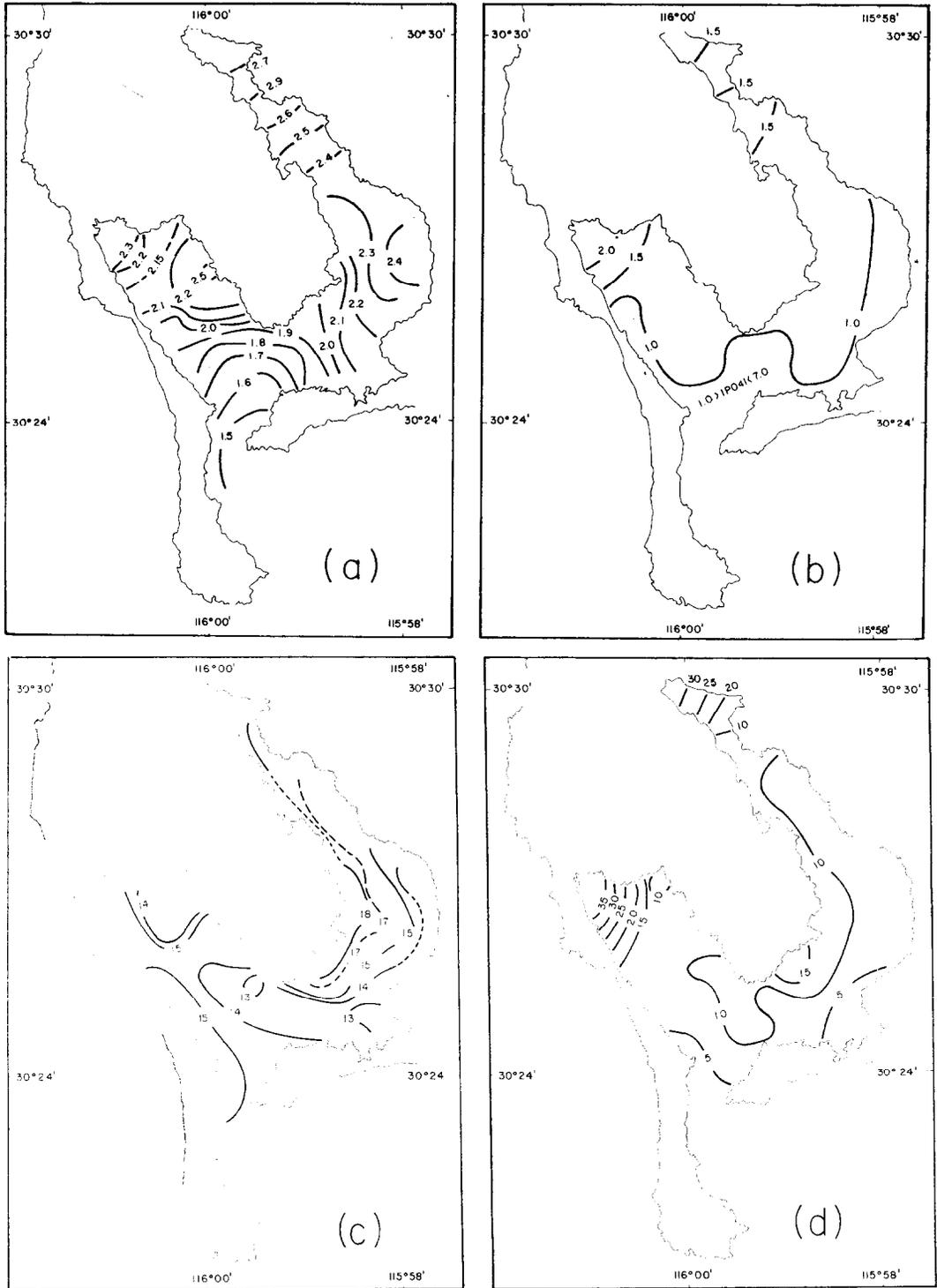


Fig. 2. Distribución superficial de fosfatos en: a) julio, y b) enero; y de silicatos en: c) julio, y d) enero.

b. Silicatos

En julio se observó un gradiente descendiente de la zona adyacente a la boca hacia el extremo interno de bahía Falsa (Fig. 2c). En bahía San Quintín se registró un gradiente en el sentido transversal, con los valores aumentando hacia el oeste. El valor máximo fue $18.1\mu\text{M}$ y el mínimo $10.9\mu\text{M}$ en las estaciones 7 y 14 respectivamente. En agosto los valores de la zona adyacente a la boca y los de bahía San Quintín fueron menores que en julio; y los del noroeste de bahía Falsa fueron mayores que en julio. El máximo fue $20.0\mu\text{M}$ y el mínimo $7.0\mu\text{M}$, en las estaciones 15 y 10 respectivamente. En septiembre los valores de la mitad interna de bahía San Quintín fueron relativamente homogéneos fluctuando entre 10 y $11\mu\text{M}$; en la mitad externa de bahía San Quintín se presentó un gradiente transversal, con los valores aumentando hacia el oeste; este tipo de gradiente en esta zona se presentó en todos los muestreos, con excepción de octubre. En bahía Falsa los valores aumentaron hacia el extremo interno y fueron similares a los de agosto (10 a $20\mu\text{M}$). En octubre los valores aumentaron en general de la boca hacia los interiores; en particular en la parte media de bahía San Quintín también aumentaron hacia el este; el máximo fue $38.5\mu\text{M}$ y el mínimo $11.1\mu\text{M}$, en las estaciones 1 y 11 respectivamente. En noviembre los valores registrados fueron menores que en octubre; en bahía Falsa se presentó de nuevo el mismo tipo de gradiente con valores aumentando hacia el extremo interno, pero en bahía San Quintín los valores fueron muy homogéneos de la parte media hacia el interior. El máximo fue $19.6\mu\text{M}$ y el mínimo $5.0\mu\text{M}$, en las estaciones 15 y 10 respectivamente. En enero los valores de la boca fueron mínimos para el período de muestreo; sin embargo se registraron valores elevados en ambos extremos internos. El máximo en enero fue $37.5\mu\text{M}$ y el mínimo $4.4\mu\text{M}$, en las estaciones 15 y 18 respectivamente (Figs. 1 y 2d).

DISCUSIONES

Bahía San Quintín es un sistema antiestuarino, es decir, es una verdadera cuenca de evaporación donde durante casi todo el año ambas, temperatura y salinidad, aumentan de la boca hacia los interiores (Chávez de Nishikawa y Alvarez Borrego, 1974; Alvarez Borrego, Ballesteros Grijalva y Chee Barragán, 1975). Los sistemas antiestuarinos han sido pobremente estudiados, en comparación con los ampliamente estudiados sistemas estuarinos. Con relación a los nutrientes en solución, lo único que se había hecho hasta ahora era inferir, en base al conocimiento del mar Mediterráneo, que los sistemas antiestuarinos se caracterizarían por tener baja concentración de nutrientes (Redfield, Ketchum y

NUTRIENTES BAHIA SAN QUINTIN

Richards, 1963). Sin embargo, la gran diferencia en dimensión entre un cuerpo de agua como el mar Mediterráneo y antiestuarios como las lagunas costeras, marcan una gran diferencia en la circulación y procesos bioquímicos que ocurren en ellos. Schwartzlose (comunicación personal) expresó que algunos investigadores proponían "a priori" que para aumentar la fertilidad de las lagunas costeras y utilizarlas para maricultivos, se podría bombear agua, relativamente profunda y rica en nutrientes, de zonas oceánicas adyacentes, aprovechando las pequeñas diferencias en densidad que permitirían un gasto pequeño de energía. Sin embargo, el presente trabajo muestra que Bahía San Quintín, al igual que Bahía Magdalena (Alvarez Borrego, Galindo Bect y Chee Barragán, 1975) y el Estero de Punta Banda (Sánchez Hernández, comunicación personal), y quizá el resto de lagunas costeras del litoral del Pacífico de Baja California, cuentan ya con concentraciones altas de nutrientes.

En Bahía San Quintín, la distribución de fosfatos y silicatos, con los valores en general aumentando hacia los interiores, indica que existe un mecanismo que hace de ella un cuerpo de agua productor de nutrientes inorgánicos. La gran abundancia de "pastos" marinos hace efecto de "trampa" del material orgánico que es acarreado de la zona oceánica adyacente hacia el interior de la Bahía por las corrientes de marea. Los "pastos" actúan como atenuantes de estas corrientes de marea permitiendo que el material en suspensión, orgánico e inorgánico, se deposite en el fondo, causando una concentración elevada de material orgánico principalmente en los sedimentos de los extremos internos. Esto se nota también en que la turbidez del agua aumenta hacia los extremos internos. La actividad bacteriana causa una bio-oxidación intensa y remineralización de los nutrientes en estos sedimentos, y la turbulencia provocada por los vientos y las corrientes los recirculan en forma disuelta a la columna de agua. Estos sedimentos con alta concentración de material orgánico tienen a menudo una producción significativa de ácido sulfhídrico, que se puede apreciar por el olor de los mismos. Las poblaciones de "pastos" marinos constituyen además un mecanismo mediante el cual la Bahía va desapareciendo por azolvamiento. Es interesante notar la mayor concentración de fosfatos y silicatos en la boca en julio, con relación a la de enero. Esto muy posiblemente se deba a la presencia de surgencias al final de primavera y durante verano, frente a la boca de la Bahía. En enero estas surgencias no están presentes, o su intensidad es menor. La temperatura superficial en la boca fue menor de mayo a agosto que en invierno (Chávez de Nishikawa y Alvarez Borrego, 1974; Alvarez Borrego, Ballesteros Grijalva y Chee Barragán, 1975). Además, la biomasa de fitoplancton corrobora lo anterior; Alvarez Borrego y López Alvarez (1974)

NUTRIENTES BAHIA SAN QUINTIN

reportaron para la boca de la Bahía biomásas totales de fitoplancton de $836\mu\text{gr}/\text{lt}$ en julio y $339\mu\text{gr}/\text{lt}$ en enero, con diatomeas más abundantes en julio y dinoflagelados más abundantes en enero. Esto indica claramente que la fertilidad de la Bahía depende grandemente de las condiciones en la zona oceánica adyacente. La alta concentración de nutrientes en los extremos internos de la Bahía, no causa necesariamente un aumento en la biomasa de fitoplancton. Alvarez Borrego y López Alvarez (1974) reportaron $99\mu\text{gr}/\text{lt}$ y $184\mu\text{gr}/\text{lt}$ en los interiores de bahía San Quintín y bahía Falsa, respectivamente, en julio; y $81\mu\text{gr}/\text{lt}$ y $383\mu\text{gr}/\text{lt}$, respectivamente, en enero. Las condiciones de $T^{\circ}\text{C}$ y S°/oo en bahía Falsa se acercan más a las condiciones oceánicas que las de bahía San Quintín (Chávez de Nishikawa y Alvarez Borrego, 1974). En verano los gradientes de temperatura son muy intensos, sobre todo hacia el interior de los brazos de la Bahía. Las poblaciones de fitoplancton que son acarreadas de la zona oceánica adyacente hacia el interior por las corrientes de marea, disminuyen en biomasa y cambian de especies dominantes, provocandose una gran depositación orgánica y oxidación posterior. En invierno, este mecanismo ocurre significativamente en bahía San Quintín, pero la similitud de $T^{\circ}\text{C}$ y S°/oo en bahía Falsa con respecto a la zona oceánica adyacente (Chávez de Nishikawa y Alvarez Borrego, 1974), y la mayor concentración de nutrientes en Bahía Falsa, causa una mayor fotosíntesis en ésta, aumentando la biomasa. Esto indica que Bahía Falsa es mejor que bahía San Quintín para la engorda de moluscos en cultivo, aunque por el momento es difícil precisar que tanto mejor sería en producción por unidad de área y tiempo. La mayor $T^{\circ}\text{C}$ de bahía San Quintín podría inducir un crecimiento más rápido aunque haya menor concentración de alimento. Es necesario hacer experimentos para aclarar esto.

Redfield (1934), propuso una relación entre las concentraciones de oxígeno disuelto, bióxido de carbono, nitrato y fosfato del agua de mar, basándose en la composición química promedia del plancton. Redfield, Ketchum y Richards (1963), después de revisar los valores nuevos sobre la composición de plancton propusieron que por cada átomo de P que se libera, en forma de fosfato, por bio-oxidación se deben liberar dieciseis de N, mismos que pueden encontrarse en el agua en diferentes estados de oxidación, tanto en forma de materia orgánica disuelta como sales inorgánicas. Alvarez Borrego, Guthrie, Culberson y Park (1975), aplicando análisis de regresión múltiple, concluyeron que datos tomados en los océanos Atlántico y Pacífico son consistentes con lo propuesto por Redfield, Ketchum y Richards (1963) al 95% de nivel de confianza. La relación $1:16=P:N$ solamente se aplica a las fracciones de P y N que provienen de la oxidación orgánica. En un caso particular la proporción P:N puede ser diferente por las fracciones preformadas (Redfield,

ALVAREZ BORREGO-CHEE BARRAGAN

1934). Alvarez Borrego (1972) encontró que para aguas del Pacífico en latitudes cercanas a 30°N, la relación P:N, tomando los valores totales, es muy cercana a 16. Con este factor podemos calcular que la concentración total de N, equivalente al P inorgánico, en la boca de la Bahía, fue alrededor de 24 μ M y 11 μ M, en julio y enero respectivamente. De la misma manera podemos definir el resto de la distribución de N total equivalente.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo se llevó a cabo en la Unidad de Ciencias Marinas de la U.A.B.C., bajo contrato para la Dirección de Acuicultura de la Secretaría de Recursos Hidráulicos y el Instituto Nacional de Pesca de la Secretaría de Industria y Comercio. Agradecemos la colaboración en el trabajo de campo y análisis de muestras de los compañeros oceanólogos: Jorge Ballesteros Grijalva, Catalina López Alvarez, Marcos Miranda Aguilar, Guillermo Ballesteros Grijalva, José Rubén Lara Lara, Guillermina Chee Barragán, Miguel López Alvarez y Gilberto Gaxiola Castro.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez Borrego, S. 1972. Oxygen-Carbon dioxide-nutrients relationships in the Northeastern Pacific Ocean and Southeastern Bering Sea. Tesis Doctoral. Corvallis, Universidad del Estado de Oregon. 171 pags.
- Alvarez Borrego, S., D. Guthrie, C. H. Culberson y P. K. Park. 1975. Test of Redfield's model for oxygen-nutrient relationships using regression analysis. *Limnology and Oceanography*. 20(5):795-805.
- Alvarez Borrego, S., L. A. Galindo Bect y A. Chee Barragán. 1975. Características hidroquímicas de Bahía Magdalena, B. C. S. *Ciencias Marinas*. 2(2): 94-110
- Alvarez Borrego S., G. Ballesteros Grijalva y A. Chee Barragán. 1975. Estudio de algunas variables fisicoquímicas superficiales en Bahía San Quintín, en verano, otoño e invierno. *Ciencias Marinas*. 2(2): 1-9
- Alvarez Borrego, S., J.R. Lara Lara y M.J. Acosta Ruíz. 1975. Parámetros relacionados con la productividad orgánica primaria en dos antiestuarios de Baja California. *CALCOFI Reports*. (en prensa).

ALVAREZ BORREGO-CHEE BARRAGAN

- Alvarez Borrego, S. y C. López Alvarez. 1974. Distribución de biomasa de fitoplancton por grupos taxonómicos en Bahía San Quintín, B.C., a través de un ciclo anual (julio de 1973 a julio de 1974). En: Segundo reporte de los estudios bioecológicos y trabajos de ostricultura en Bahía San Quintín, B.C. (II etapa); para la Dirección de Acuicultura de la S.R.H. (no publicado).
- Chávez de Nishikawa, A.G. y S. Alvarez Borrego. 1974. Hidrología de Bahía San Quintín en invierno y primavera. Ciencias Marinas 1(2):31-62.
- Lara Lara, J.R. y S. Alvarez Borrego. 1975. Ciclo anual de clorofilas y producción orgánica primaria en Bahía San Quintín, B.C. Ciencias Marinas. 2(1):77-97.
- Redfield, A.C. 1934. On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton. En: James Johnstone Memorial Volume. Universidad de Liverpool: 176-162,
- Redfield, A.C., B.H. Ketchum y F.A. Richards. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. En: The Sea (M.N. Hill, Ed.), Vol. 2:26-77. Interscience.
- Strickland, J.D.H. y T. R. Parsons. 1965. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada, Bull. 311 pags.