

CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS DE
BAHIA MAGDALENA, B. C. S.

por

SAUL ALVAREZ BORREGO

Centro de Investigación Científica y de
Educación Superior de Ensenada, B.C.

LUIS ARNULFO GALINDO BECT

y

ALFREDO CHEE BARRAGAN

Unidad de Ciencias Marinas
Universidad Autónoma de Baja California
(Recibido Junio de 1976)

RESUMEN

Se realizaron cuatro cruceros oceanográficos en Bahía Magdalena en el período de octubre de 1973 - agosto de 1974, con el propósito de determinar las condiciones hidrológicas representativas de las cuatro estaciones del año. Bahía Magdalena presenta una situación antiestuarina en todo el año, con salinidades más elevadas en el interior que en océano abierto. Los gradientes de temperatura y salinidad concuerdan en general con la batimetría, con valores elevados donde las profundidades son menores. En la región occidental de la zona central, denominada propiamente Bahía Magdalena, se presentó un fenómeno en todo el año que semeja las condiciones de surgencia, y que provoca un aporte de nutrientes a la superficie de la bahía, aumentando grandemente su fertilidad. Con excepción del crucero de octubre, representativo de las condiciones de otoño, la bahía presenta una alta actividad fotosintética que provoca una disminución en la concentración de nutrientes y una sobresaturación de oxígeno con valores de hasta 120%,

ABSTRACT

During the period october 1973 - august 1974, four hydrographic cruises were carried on in Magdalena Bay. The objective was to obtain representative data for all seasons of the year. Surface distributions of temperature, salinity, dissolved oxygen concentration, pH, phosphate, nitrate and silicate, are presented and discussed in this report.

Magdalena Bay is an antiestuary all the year around; with higher salinities than in the open ocean. The temperature and salinity gradients in general correlate well with the bathymetry, with higher values of these two properties where the waters are shallower. In the western region of the central zone of the bay conditions similar to those characterizing upwelling were found. This causes an input of nutrients to the surface waters of the bay, thus increasing its fertility. There seems to be a very high photosynthetic activity in the bay most of the year. This is indicated by the decrease of nutrient concentrations and oversaturation of oxygen up to 120%.

INTRODUCCION

Un desarrollo adecuado, con bases científicas, de las pesquerías y maricultivos de cuerpos de agua protegidos y semi-protegidos, requiere necesariamente de un conocimiento ecológico integral de los mismos. Este conocimiento ecológico debe incluir los aspectos físicos y químicos oceanológicos. En este trabajo se presentan y discuten los resultados de cuatro cruceros oceanográficos realizados en Bahía Magdalena, B. C. S.

Bahía Magdalena se encuentra localizada en la costa del Pacífico de Baja California Sur, entre los 24° 15' N y 25° 20' N. y 111° 30' W y 112° 15' W (Fig.1). Se divide en tres zonas diferenciadas perfectamente: la zona noroeste, de forma irregular, compuesta por gran cantidad de esteros, lagunas y canales con profundidades promedio de 3.5 m; la zona central, denominada propiamente Bahía Magdalena, conectada con el océano abierto a través de una boca ancha de 38 m de profundidad; y la zona sureste, denominada Bahía Almejas, conectada con mar abierto a través de una boca con profundidades muy someras que no permiten la navegación. Bahía Magdalena y Bahía Almejas están conectadas mediante un canal de 2.5 km de ancho y aproximadamente 30 m de profundidad. Tanto en la parte norte de Bahía Magdalena como en Bahía Almejas, quedan descubiertos una gran cantidad de bajos durante las mareas bajas.

Los estudios oceanológicos realizados en Bahía Magdalena, hasta antes del comienzo de este programa han sido muy pocos, y han tratado principalmente con la biología de algunas especies. La expedición "Presidencial", llevada a cabo por el barco "U.S.S. Houston" en 1938, colectó una serie de datos, sobre todo de tipo taxonómico que se han publicado en la colección Miscelanea Smithsoniana (Bartsch y Rehde, 1939). Takasaki realizó una investigación biológica en 1912 y 1913, publicada por Chapa (1962). Este trabajo da una relación de los recursos pesqueros de la Bahía.

De acuerdo con los datos de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (Div. de Hidromet., datos no publicados), la precipitación pluvial en Puerto A. López Mateos y Puerto San

Carlos tiene valores anuales no mayores de 14 mm, y en algunos años menores a 1 mm. De acuerdo con la clasificación de Lang (Lerente, 1966) ésta es una zona desértica con factor de pluviosidad muy bajo.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron 4 cruceros oceanográficos en el período de octubre de 1973 a agosto de 1974. Las fechas de estos cruceros fueron: 10 al 12 de octubre, 7 al 9 de marzo, 3 al 6 de junio y 31 de julio al 3 de agosto. Para todos los cruceros se utilizó una embarcación tipo "purse-seine" facilitada por la "Pesquera Matancitas" de Productos Pesqueros Mexicanos, S.A. de C. V. División Noroeste.

La localización de las estaciones hidrográficas se muestra en la figura 1a y b. Las estaciones de la figura 1a se ocuparon durante el crucero de octubre de 1973; en marzo, junio y julio-agosto de 1974 se ocuparon las estaciones de la figura 1b. Lo anterior no afecta los muestreos y los datos de crucero a crucero son comparables, sobre todo cuando se trata de estudiar la distribución superficial de las diferentes propiedades.

En cada crucero se tomaron datos meteorológicos, tales como: temperatura de bulbo húmedo y bulbo seco, dirección e intensidad del viento y porcentaje de cobertura; se hicieron determinaciones de temperatura del agua "in situ" utilizando termómetros reversibles; y se tomaron muestras para análisis

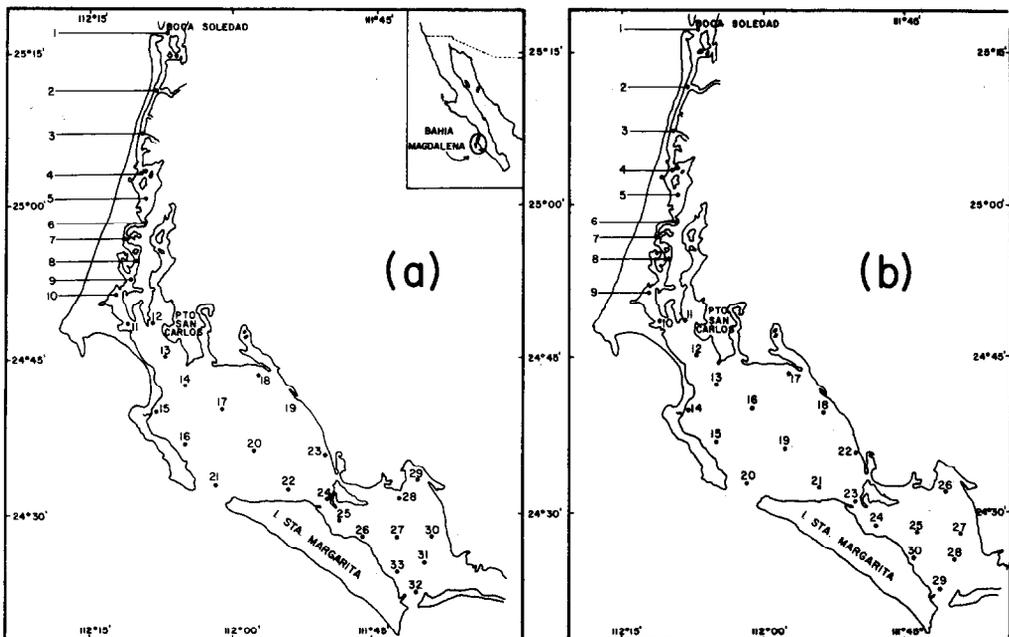


Fig. 1. Localización de las estaciones hidrográficas para: el crucero de octubre (a); y los cruceros de marzo, junio y julio-agosto (b).

de salinidad, concentración de oxígeno disuelto, pH y nutrientes (fosfatos, nitratos y silicatos) utilizando botellas Nansen recubiertas con teflón. La concentración de oxígeno disuelto se determinó a bordo, inmediatamente después del muestreo, utilizando la técnica Macro-Winkler (Strickland y Parsons, 1965). El pH también se determinó a bordo, utilizando electrodos de vidrio y potenciómetro de baterías, marca Orión, modelo 407. Las muestras de salinidad y nutrientes se trasladaron a los laboratorios de la Unidad de Ciencias Marinas en Ensenada, para su análisis. Las muestras de nutrientes se preservaron agregando cloruro de mercurio y congelándolas utilizando hielo seco, para evitar su alteración durante el traslado. Estas muestras se analizaron mediante un espectrofotómetro marca Perkin-Elmer Coleman modelo 139. La salinidad se determinó utilizando un salinómetro de inducción marca Beckman, modelo 112WA200. En el crucero de marzo no se determinó el pH debido a fallas en el potenciómetro.

Además se calculó el porcentaje de saturación de oxígeno con la ecuación siguiente:

$$\% \text{ Sat.} = \frac{O_2}{O_2'} \times 100$$

donde O_2 es el valor de la concentración medida de oxígeno disuelto y O_2' es el valor de la solubilidad de oxígeno correspondiente a la temperatura y salinidad medidas. O_2' se calculó usando un nomograma construido en base a los datos de Green (1965).

RESULTADOS

En la zona noroeste durante octubre de 1973 y junio de 1974, las temperaturas superficiales no presentaron gradientes definidos (Fig. 2a y c). En octubre los valores fueron muy uniformes cercanos a 22.8°C (Fig. 2a). Mientras que en junio los valores fluctuaron entre 19.70°C y 23.60°C (Fig. 2c). En marzo y julio-agosto de 1974 las temperaturas aumentaron de la boca hacia el sur en la zona noroeste, con una fluctuación de 16.40°C a 19.80°C y de 25.90°C a 28.0°C respectivamente (Fig. 2b y d). En la zona central se presentó, persistentemente en los cuatro cruceros, un centro de bajas temperaturas en la parte occidental (Fig. 2a, b, c y d). En octubre, junio y julio-agosto se presentó claramente definido, con la temperatura aumentando en forma concéntrica hacia el resto de la bahía; mientras que en marzo no está bien definido. En julio-agosto una gran parte de la zona central presentó valores homogéneos, alrededor de 24.0°C (Fig. 2d). En la zona sureste las temperaturas en general aumentan hacia el este o sureste, aunque con gradientes tenues (Fig. 2a, b, c y d). Las temperaturas superficiales máximas registradas en los cuatro

cruceros se detectaron en la parte media de la zona noroeste; y las mínimas en la parte occidental de la zona central. La temperatura mínima se registró en junio y fue de 15.5°C (Fig. 2c) y la máxima se registró en julio-agosto y fue de 28.0°C (Fig. 2d).

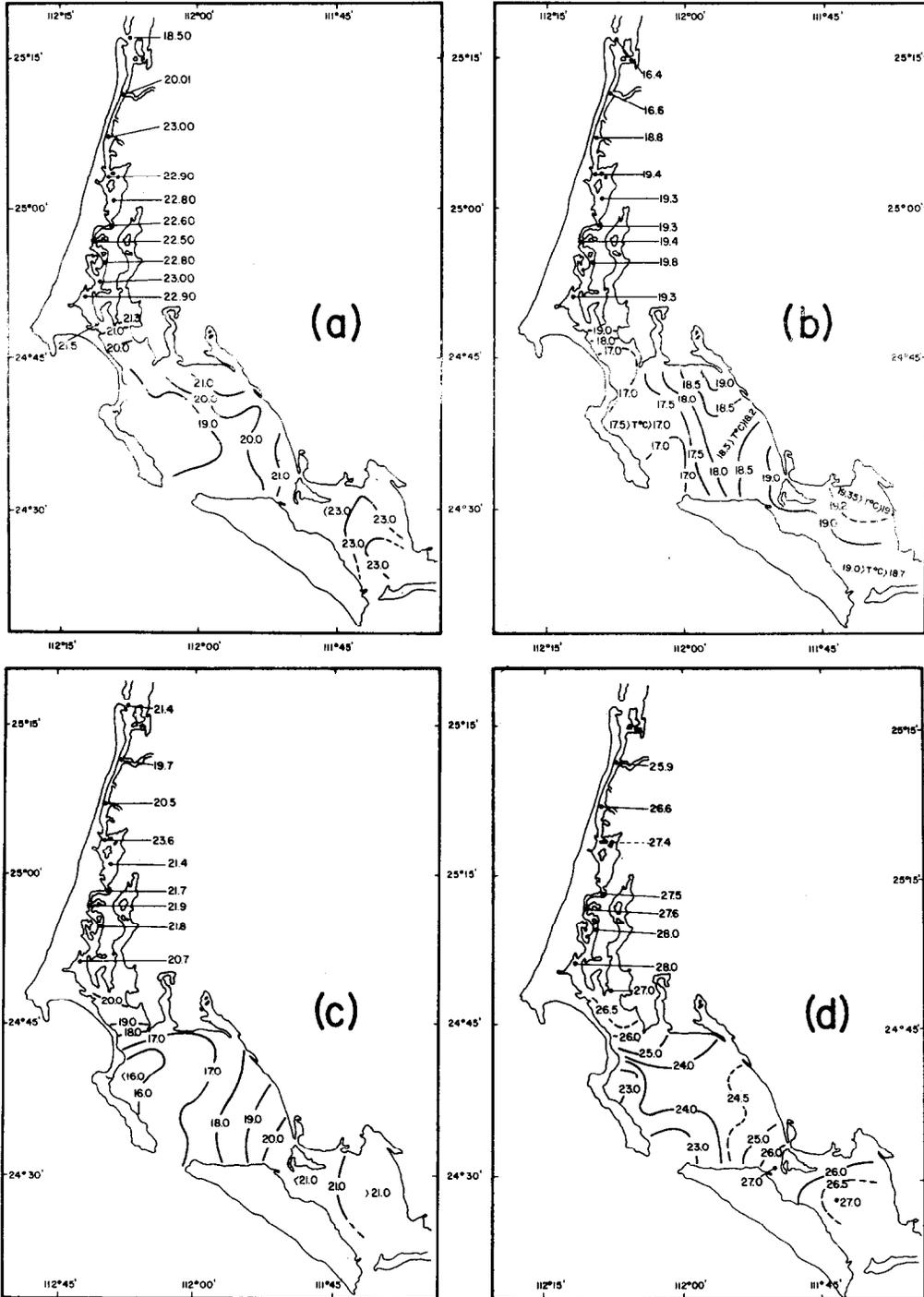


Fig. 2. Distribución superficial de temperatura (°C) para: octubre (a); marzo (b); junio (c); y julio-agosto (d).

En la zona noroeste la distribución superficial de salinidad muestra un gradiente, en todos los meses, con los valores aumentando del extremo norte hacia el sur, pasando por un máximo, para luego disminuir en el extremo sur hacia la zona central (Fig. 3a, b, c y d). Los valores máximos de salinidad registrados en cada crucero siempre se presentaron en esta zona. Las distribuciones superficiales de salinidad en la zona central presentan una alta correlación con las distribuciones de temperatura durante todo el ciclo. En la parte occidental se presentaron centros de baja salinidad de una manera similar a los de baja temperatura, pero no bien definidos en marzo y julio-agosto (Fig. 3a, b, c y d). En Bahía Almejas, los valores de salinidad aumentan hacia el noreste, con gradientes tenues en junio y julio-agosto (Fig. 3c y d). Los valores mínimos siempre se registraron en la parte occidental de la zona central. En octubre se registró el mínimo de los cuatro cruceros, con un valor de 33.96‰ (Fig. 3a).

En la mitad superior de la zona noroeste, en general se presentó un gradiente de oxígeno disuelto con los valores disminuyendo de la boca hacia el interior; mientras que en la mitad sur los valores variaron siempre sin un patrón definido (Fig. 4a, b, c y d). En la zona central, consistentemente con las distribuciones de temperatura y salinidad, existe un centro de bajos valores en la parte occidental, con excepción de julio-agosto en que los valores fueron mayores en esta parte (Fig. 4a, b, c y d). En correlación con la temperatura, el valor mínimo de oxígeno para los cuatro cruceros se registró en junio y fue de 2.74 ml/l. En Bahía Almejas los valores fluctuaron durante todo el año alrededor de 5.0 ml/l con muy poca variación y con un gradiente muy tenue, con los valores aumentando hacia el noreste.

El pH no presentó una variación similar en todo el año, sino que fue diferente para cada crucero. En la parte noroeste los valores fluctuaron de 8.06 a 8.13 en octubre, de 8.25 a 8.46 en junio y de 7.90 a 8.40 en julio-agosto (Fig. 5a, b y c). En la zona central en octubre la distribución de pH es consistente con la temperatura y salinidad con un centro de bajos valores en la parte occidental, desde el cual el pH aumenta hacia el sureste (Fig. 5a). En julio-agosto, en general se presentó también una tendencia de aumento del pH hacia el sureste en la zona central, con excepción de algunos valores bajos en el extremo oriental; mientras que en junio la tendencia fue contraria (Fig. 5b y c). En Bahía Almejas se presentó un gradiente bien definido en octubre, con los valores aumentando hacia el este; pero en junio y julio-agosto los valores fueron muy homogéneos.

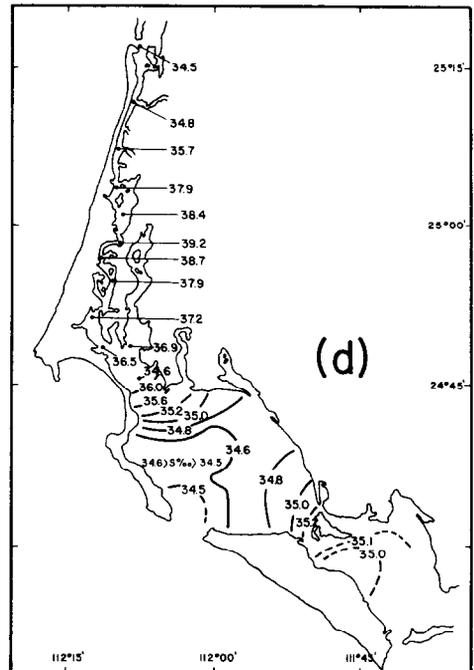
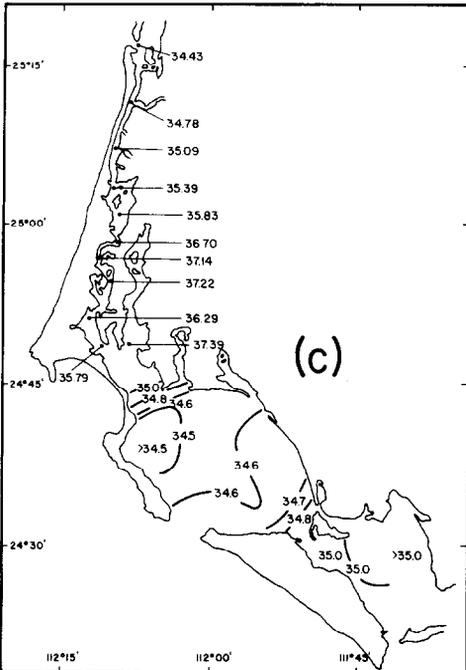
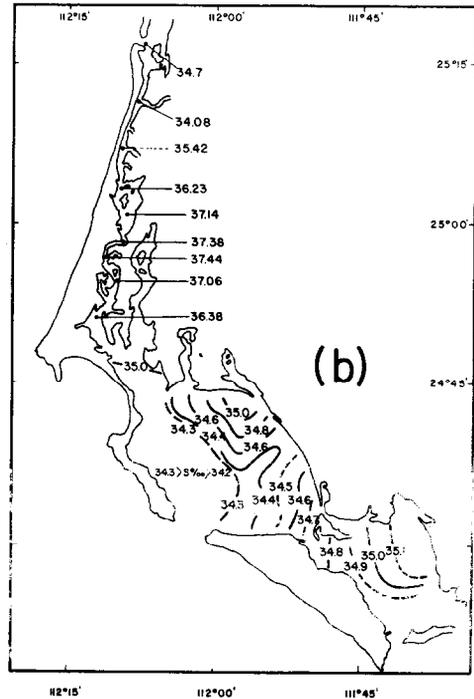
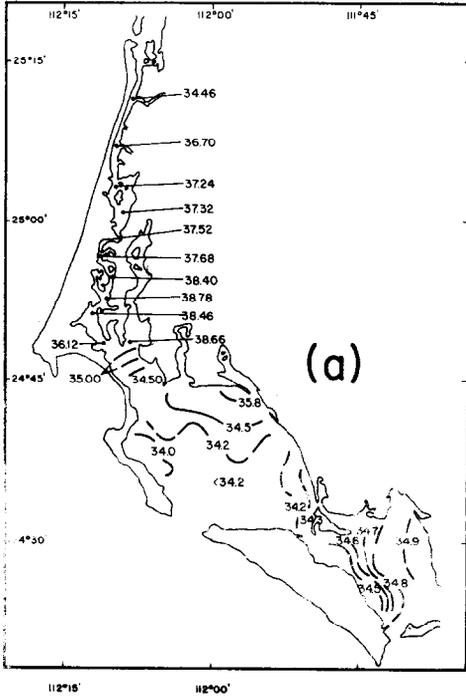


Fig. 3. Distribución superficial de salinidad (‰) para: octubre (a); marzo (b); junio (c); y julio-agosto (d).

HIDROLOGIA DE BAHIA MAGDALENA

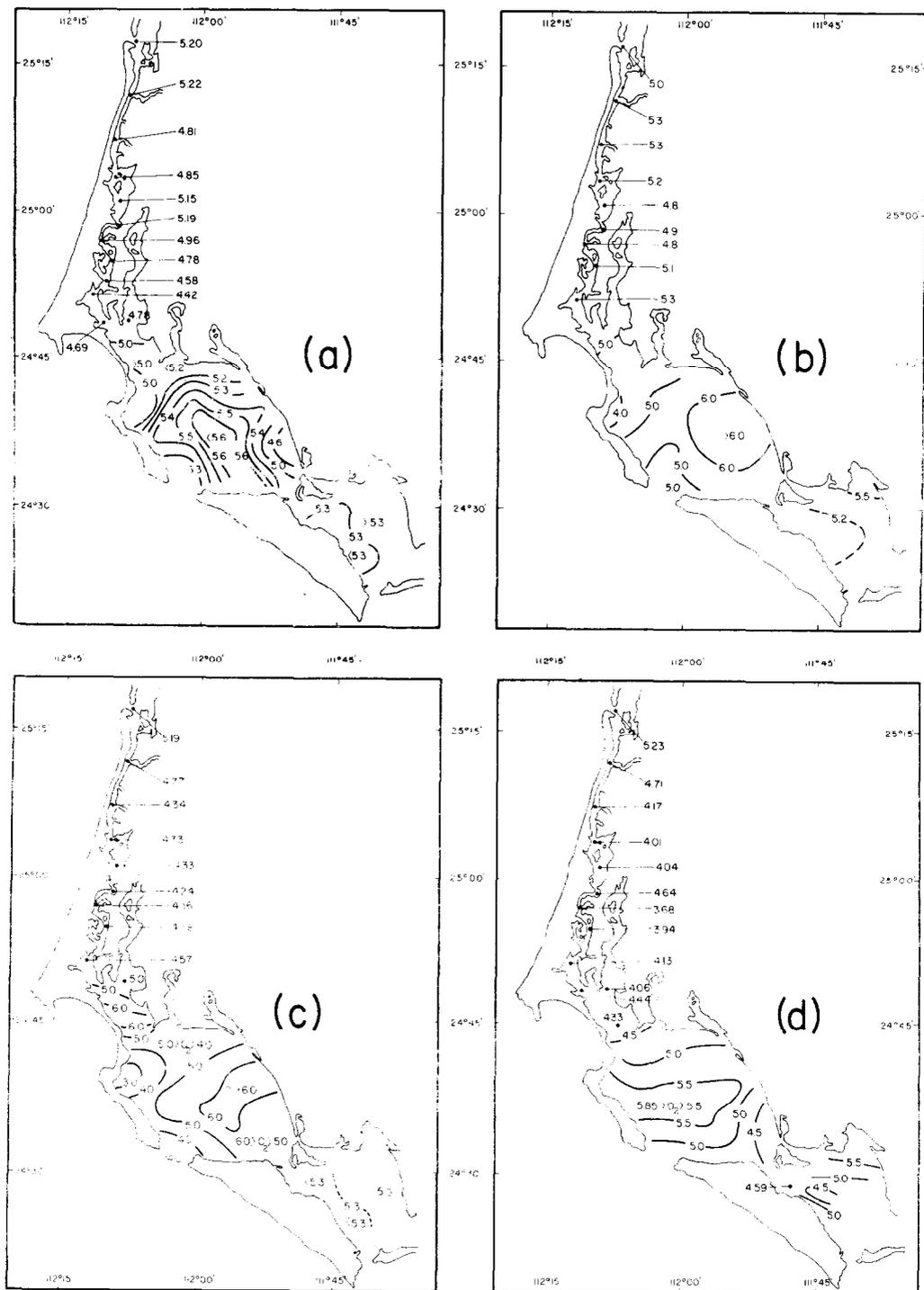


Fig. 4. Distribución superficial de oxígeno disuelto (ml/l) para: octubre (a); marzo (b); junio (c); y julio-agosto (d).

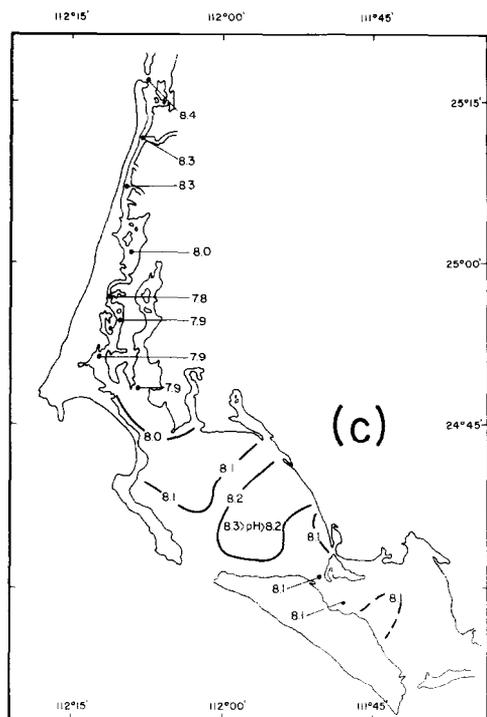
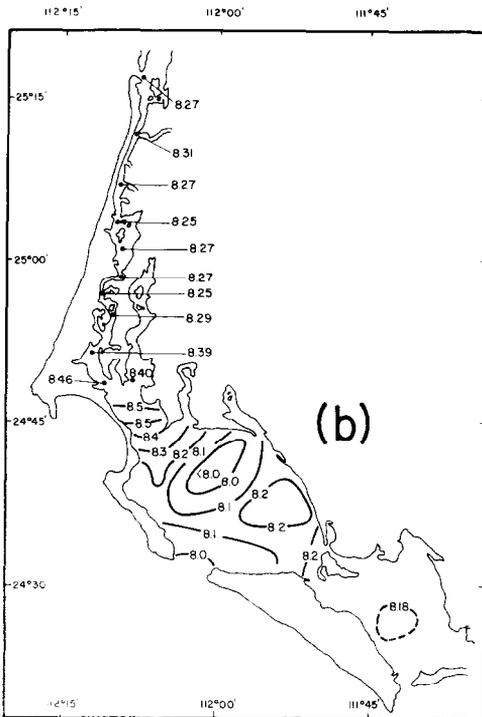
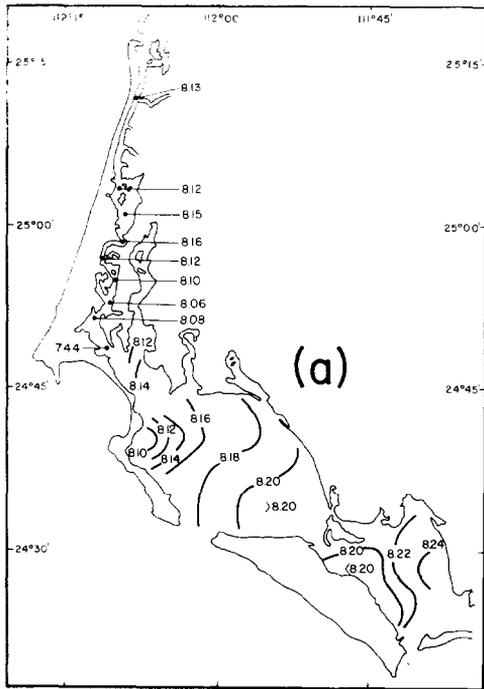


Fig. 5. Distribución superficial de pH para: octubre (a); junio (b); y julio-agosto (c).

Consistentemente con los resultados de oxígeno, los nutrientes presentaron en octubre, marzo y junio valores altos en la parte occidental de la zona central (Figs. 6a, b y c, 7a, b y c; y 8a, b y c); mientras que en julio-agosto se determinaron valores bajos en esta parte (Figs. 6d, 7d, y 8d). Especialmente notable es la semejanza de las lengüetas de altos valores de oxígeno y bajos valores de fosfatos que se presentaron en julio-agosto (Figs. 4d y 6d). Se puede notar una alta correlación con signo negativo entre las distribuciones de salinidad y nitratos en la zona central en julio-agosto (Figs. 3d y 7d). En general los valores más altos de los diferentes nutrientes, en la zona central, fueron los obtenidos en junio lo cual concuerda con los valores más bajos de temperatura y oxígeno obtenidos también en este crucero. En Bahía Almejas la concentración de nutrientes no presentó una tendencia definida de variación a través del año. En general los valores de esta región fueron tan bajos como los de la parte oriental de la zona central, con excepción de los silicatos que en octubre y julio-agosto fueron mayores en Bahía Almejas (Figs. 6a y 8d). En la zona noroeste no se presentó un patrón definido de variación en la concentración de nutrientes.

DISCUSIONES.

Los diagramas T-S para las aguas superficiales de Bahía Magdalena (Fig. 9a y b) muestran muy claramente la diferenciación de las tres zonas en que hemos dividido la bahía: noroeste, central y sureste. Los puntos T-S de la zona muestran que el agua, con menos salinidad y temperatura que las otras dos, es de características más oceánicas; las aguas de la zona noroeste son de temperaturas y salinidades más elevadas, sobre todo la salinidad por el efecto de evaporación en los esteros; y las aguas de la zona sureste son de temperaturas elevadas pero su salinidad es casi tan baja como la de la zona central debido a que la evaporación no hace sentir su efecto en forma tan pronunciada como en la zona noroeste.

Las temperaturas y salinidades consistentemente más elevadas en el interior del sistema de Bahía Magdalena que en el océano abierto en los cuatro cruceros, indican una situación antiestuarina, es decir la evaporación es mayor que cualquier aporte de agua dulce por escurrimiento o por precipitación pluvial. Los gradientes de temperatura y salinidad son en general consistentes con la batimetría, con valores elevados donde las profundidades son menores. En Bahía Almejas se nota claramente que no existe una influencia del océano abierto a través de la boca, por su profundidad muy somera, teniendo influencia solamente de las condiciones hidrológicas de Bahía Magdalena a través del canal que las une. Esto se hace notar principalmente por la distribución de salinidad (Fig. 3a, b, c y d). Sin embargo, en la zona noroeste se nota una influencia oceánica a través de Boca Soledad en el extremo norte y una influencia de Bahía Magdalena en el sur.

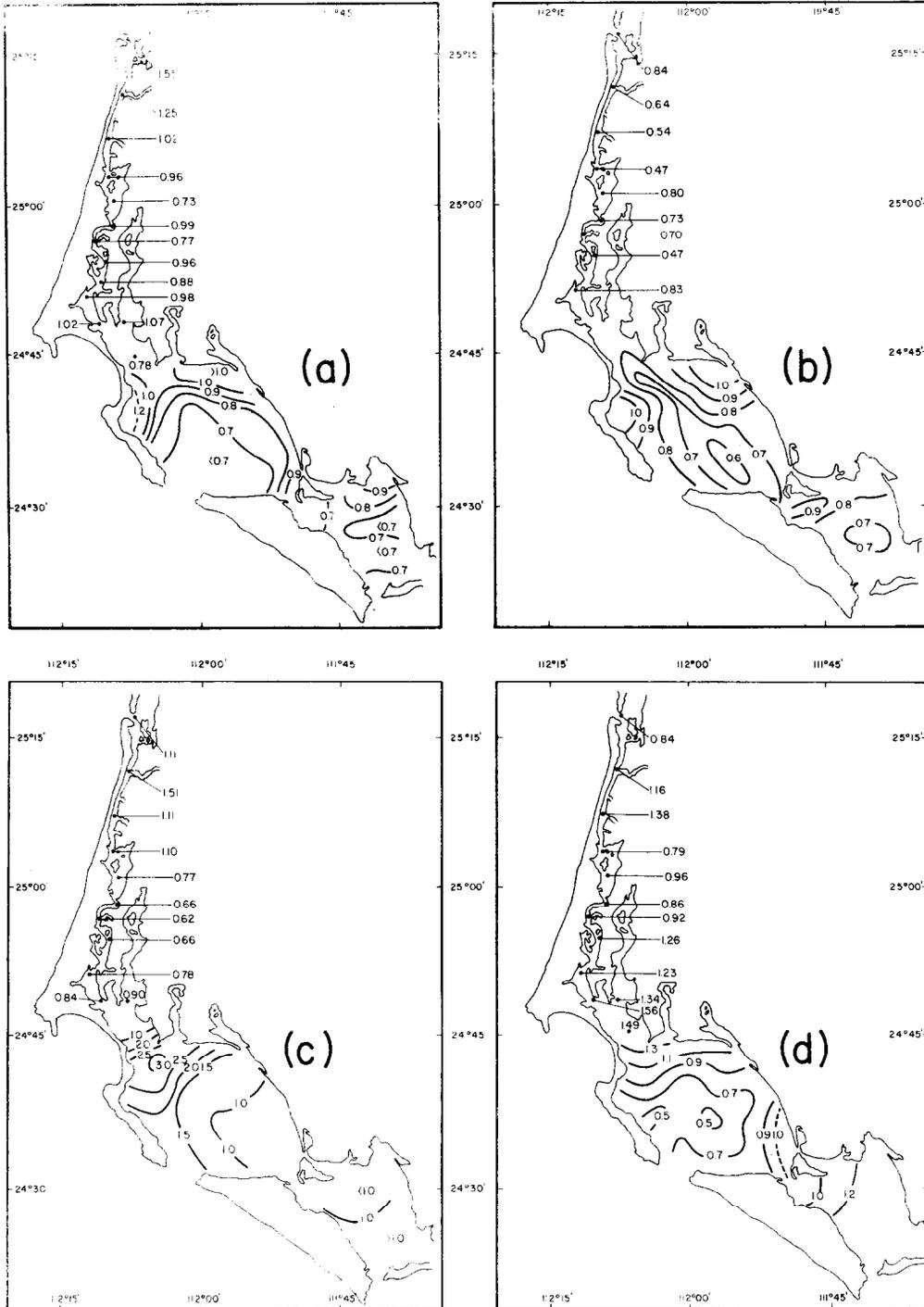


Fig. 6. Distribución superficial de fosfato inorgánico (μM) para: octubre (a); marzo (b); junio (c); y julio-agosto (d).

HIDROLOGIA DE BAHIA MAGDALENA

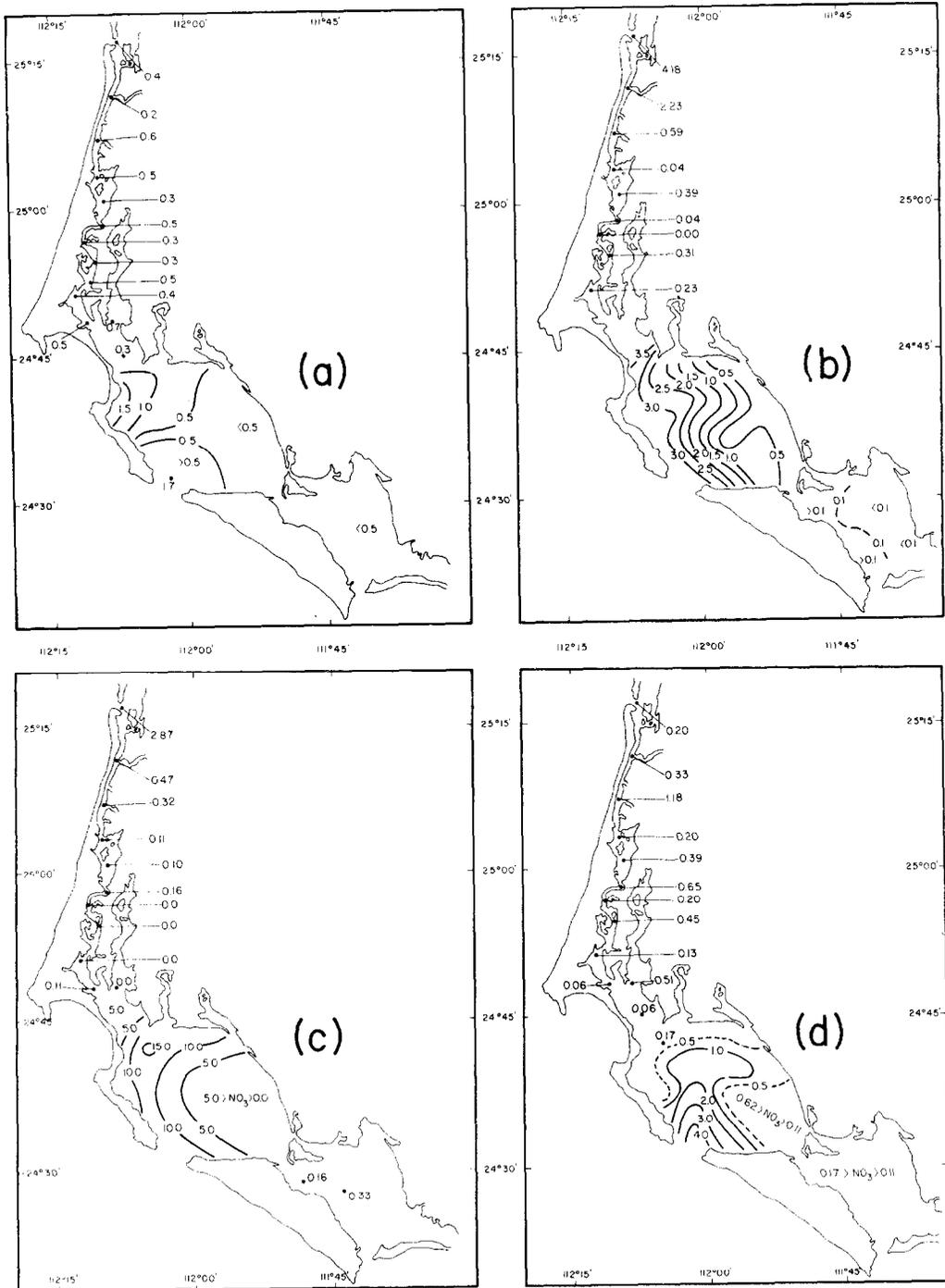


Fig. 7. Distribución superficial de nitrato + nitrito (μM) para: octubre (a); marzo (b); junio (c); y julio-agosto (d).

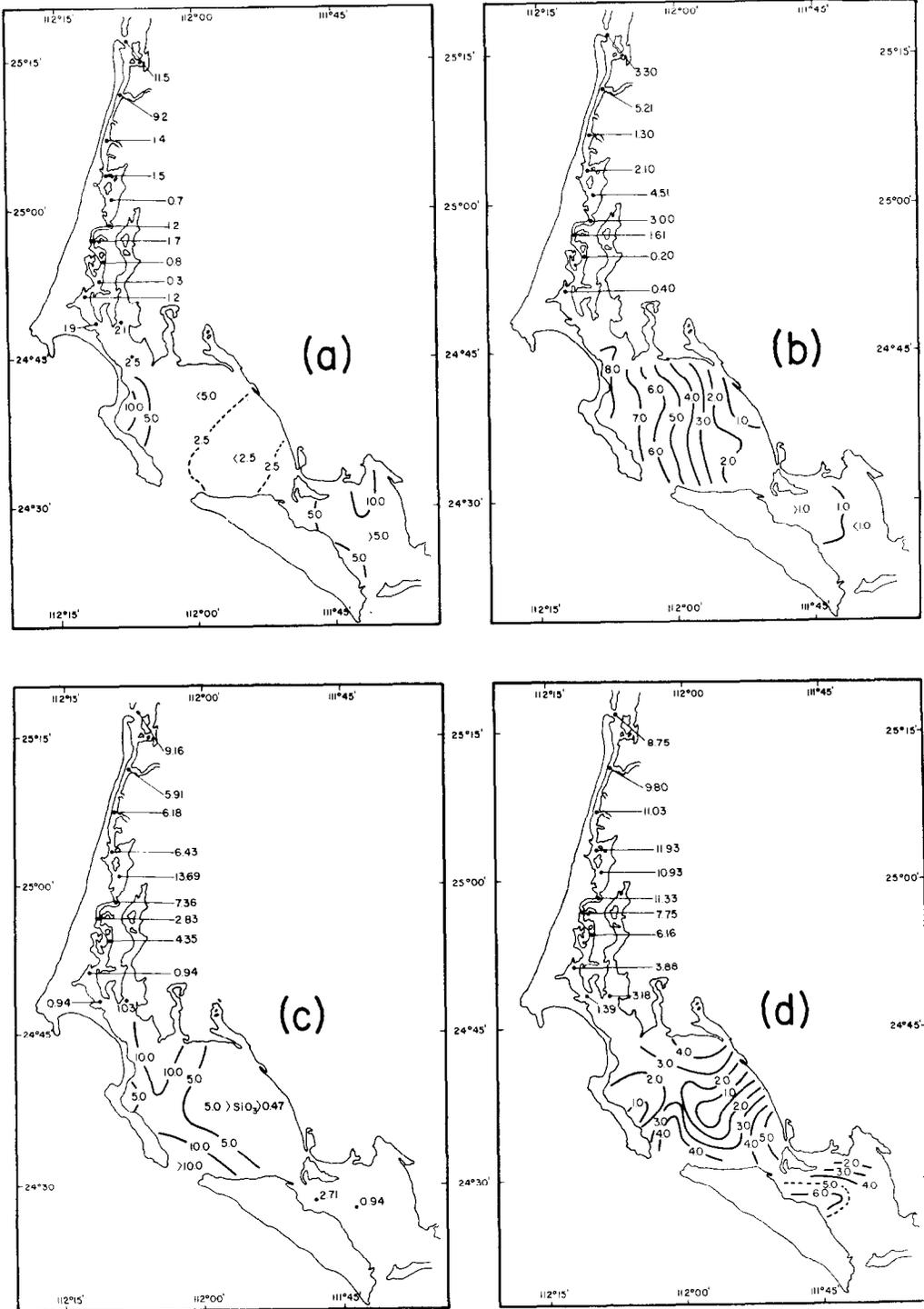


Fig. 8. Distribución superficial de silicato (μM) para: octubre (a); marzo (b); junio (c); y julio-agosto (d).

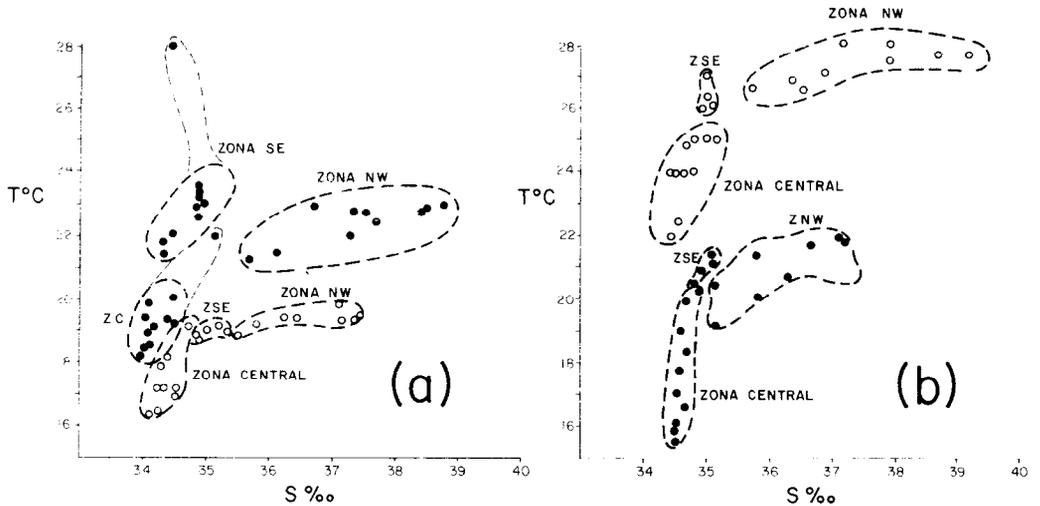


Fig. 9. Diagramas Temperatura-Salinidad para las aguas superficiales en: octubre y marzo (a); y junio y julio-agosto (b).

En la parte occidental de la zona central se presentó un fenómeno que semeja las condiciones de surgencia en octubre, marzo y junio. En esta región se presentaron altas concentraciones de nutrientes y baja temperatura, baja salinidad, baja concentración de oxígeno disuelto y bajo pH en estos tres cruceros. En julio-agosto la temperatura también indica condiciones de surgencia en la región mencionada, pero la distribución de nutrientes, oxígeno y pH es inversa; es decir, se tienen valores relativamente altos de oxígeno y pH, y bajos de nutrientes. El porcentaje de saturación de oxígeno fue mínimo en esta parte de la bahía en octubre, marzo y junio, con valores de hasta menos de 60% en junio (Fig. 10a, b y c); y máximo en julio-agosto con valores de hasta 120% (Fig. 10d). La profundidad del fondo en esta zona no excede 30 m. Los vientos registrados en los cuatro cruceros fueron principalmente del noroeste, con algunos vientos moderados del sur en marzo. Posiblemente estos vientos hayan estado provocando un acarreo de agua superficial hacia el centro de Bahía Magdalena, misma que debió suplirse con agua subsuperficial con más bajos valores de temperatura, salinidad, oxígeno y pH y más alta concentración de nutrientes. En julio-agosto este fenómeno debió acoplarse con una alta actividad fotosintética, mayor que en los otros tres cruceros, causando un consumo de nutrientes y producción de oxígeno. Para corroborar esto, habría que determinar la productividad orgánica primaria en futuros estudios.

La temperatura no fue el factor más importante en el control de la distribución superficial de oxígeno, como se puede notar en las gráficas de la distribución del porcentaje de saturación de oxígeno (Fig. 10a, b, c y d). La advección, como en la región occidental de la zona central en los tres primeros cruceros; y

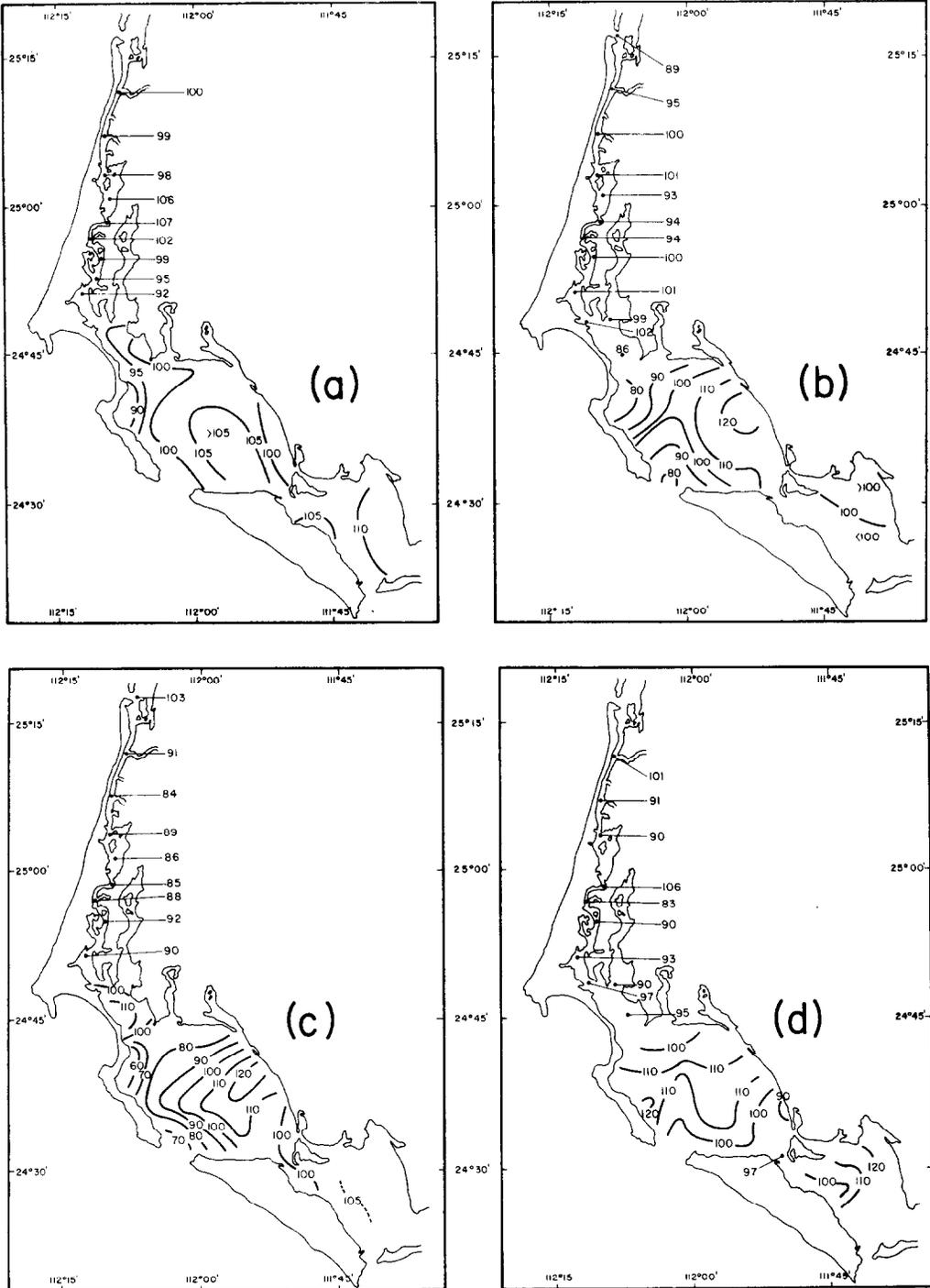


Fig.10. Distribución superficial del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto para: octubre (a); marzo (b); junio (c); y julio-agosto (d).

procesos biológicos de respiración y fotosíntesis en el resto de la zona de estudio, jugaron un papel principal para determinar los valores superficiales de oxígeno. En general los valores elevados se debieron a una relativamente intensa actividad fotosintética. Esto se corrobora con los valores bajos de nutrientes en los mismos lugares en que el oxígeno fue alto. Un ejemplo de lo anterior es la correlación en julio-agosto, en la zona central, de altos valores de oxígeno con bajos valores de fosfatos (Figs. 4d y 6d). Con excepción de octubre, la bahía se muestra claramente como un cuerpo de agua en que los nutrientes se consumen debido a una alta actividad fotosintética.

RECONOCIMIENTOS

El presente trabajo se llevó a cabo en la Unidad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, bajo contrato para la Dirección de Acuicultura de la S.R.H. y el Instituto Nacional de Pesca de la S.I.C. Agradecemos a los Sres. Ings. Daniel Muñoz Ferreira y Luis Kasuga Osaka, titulares respectivamente de estas dependencias federales, su amable autorización para que este reporte sea publicado.

El escrito en la forma en que se presenta aquí, fue preparado siendo el Dr. Saúl Alvarez Borrego miembro del CICESE. Se agradece la colaboración en los cruceros de los Oceans. B.P. Flores Baez, M. Miranda Aguilar, J. Amador Buenrostro, I. Velarde Iribe, M. S. Galindo Bect, A. J. Sánchez Dévora y R. Islas Olivares, y del Biol. Adrián Valadez. Se agradece además, la magnífica colaboración del Sr. Raúl Ramírez, Gerente Divisionario de Productos Pesqueros Mexicanos, al permitirnos utilizar las embarcaciones tipo "purse seine" de la "Pesquera Matancitas" para la realización de los cruceros.

Los resultados del crucero de octubre de 1973, fueron presentados en el V Congreso Nacional de Oceanografía con sede en la Escuela de Ciencias Marítimas del ITESM, en Guaymas, Son., en octubre de 1974.

BIBLIOGRAFIA

- Bartsch, P. y H.H. Rehde. 1939. Mollusks Collected on the Presidential cruise of 1938. Smith. Misc. Coll., 98 (10): 1-18.
- Green, E. V. 1965. Aredetermination of the Solubility of Oxygen in sea water and some Thermodynamic Implications of the Solubility Relations. Ph. D Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 136 pp.

Lerente, J. M. 1966. Meteorología. Ed. Labor, Pag. 192-217.

Secretaría de Recursos Hidráulicos. División Hidrométrica en La Paz, B. C. S. 1972. Repte de datos meteorológicos (1960-1972). Estaciones en Puerto Adolfo López Mateos, B. C. S. y Puerto San Carlos, B. C. S. (no publicado).

Strickland, H. D. y T. R. Parsons. 1965. A practical handbook of Sea Water Analysis. Fish Res. Bd. of Canada; Bull. 167.

Takasaki, 1913. Los Recursos Pesqueros de Bahía Magdalena, B. C. S. Traducción por H. Chapa Saldaña y republicado en: S. I. C. Dir. Gen. Pesca e Ind. Com., Dep. Est. Biol. Pesq. Trab: Div. # 23, Vol. III, 1-27 (1962).