

DISTRIBUCION HORIZONTAL DE CLOROFILA "a"
DURANTE LA PRIMAVERA EN LA PARTE NORTE
DEL GOLFO DE CALIFORNIA.

por:

VICTOR GENDROP FUNES
Unidad de Ciencias Marinas
Apartado Postal 453
Ensenada, B.C., México

MANUEL DE JESUS ACOSTA RUIZ
Centro de Investigación Científica y
de Educación Superior de Ensenada, B. Cfa.
Espinoza 843
Ensenada, B.C., México

RICHARD A. SCHWARTZLOSE
Scripps Institution of Oceanography
La Jolla, California 92037
U. S. A.

RESUMEN.

En este trabajo se presentan y discuten las distribuciones de clorofila "a" para la estación de primavera de 1973, en el Golfo de California. Se determinó la concentración de clorofila "a" para superficie, 5, 10, 15, 20, 30, 40 y 50 m. Se detectaron valores máximos de 40 mg/m³ en superficie durante la época de muestreo, principalmente frente a Punta San Fermín, B.C., Bahía San Luis Gonzaga, B.C., Cabo Lobos, Son. y Bahía Adahir, Son. La concentración de clorofila "a" para el resto de la columna se presentó con valores máximos de 30 mg/m³ y 3.65 mg/m³ y valores mínimos oscilando entre 1.60 mg/m³ y 0.50 mg/m³.

CLOROFILA "a" EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

ABSTRACT.

Distributions of Chlorophyll "a" for the Gulf of California during Spring, 1973, are presented and discussed. Concentrations of Chlorophyll "a" were determined for surface level, 5, 10, 15, 20, 30, 40, and 50 m. Maximum concentrations were registered at surface (40 mg/m^3), mainly off shore Punta San Fermin, B. C., Bahía San Luis Gonzaga, B. C., Cabo Lobos, Son, and Bahía Adahir, Son. Chlorophyll "a" decreased with depth. Maxima for different stations ranged from 30 mg/m^3 to 3.65 mg/m^3 minima ranged from 1.6 mg/m^3 to 0.50 mg/m^3 .

INTRODUCCION.

El Golfo de California es considerado como la principal cuenca de evaporación en la costa del Pacífico, con características físico-químicas únicas en su zona norte (Roden 1958). Desde 1935 es conocida su importancia en el campo de las pesquerías de camarón azul y café (Chapa, Guilbote y Romero, 1968) de totoaba (Guevara, 1974; Avalos, 1974) y recientemente de sardina Monterrey desarrollada durante la última década (Sokolov, 1973).

Cupp y Allen (1938) realizaron cuantificaciones de fitoplancton en el Golfo de California, reportando valores de hasta 2.0×10^6 células/LT., en su región norte. Posteriormente se realizaron estudios de surgencias y convecciones (Roden, 1958) tendientes a estimar la productividad del Golfo de California. La literatura sugiere que el Golfo de California puede ser comparado en su productividad con zonas como el Golfo de Bengala (Zeitzchel, 1969). Sin embargo, aún con toda la información obtenida hasta la actualidad, con los trabajos de carácter biológico en cuanto a producción de poblaciones fitoplanctónicas (Gilbert y Allen, 1943) o de producción de biomasa (Farfán, 1972), no ha sido posible determinar las condiciones de producción orgánica primaria del Golfo. Esta situación fue claramente definida por Zeitzchel (1969), "durante la última década se han obtenido gran cantidad de datos sobre productividad primaria de todos los mares mundiales mediante el método de C^{14} , sin embargo, existen áreas que han sido ignoradas, siendo una de ellas la del Golfo de California".

Es indudable que el conocimiento de la productividad orgánica primaria de las zonas del Golfo, podrá facilitar

el establecer con mayor precisión la fertilidad relativa estacional o anual de sus zonas. Lo anterior, a su vez, nos conducirá a un mejor conocimiento de la potencialidad de producción de alimento para los diversos niveles tróficos de la cadena alimenticia donde se encuentran situados los individuos comercialmente importantes.

Por lo expuesto, el presente trabajo pretende contribuir al mejor conocimiento de la productividad de la zona norte del Golfo de California mediante el análisis de la variación de concentración de clorofila "a" en su distribución horizontal durante primavera, con el fin de utilizarse como indicador de la producción orgánica bruta de fitoplancton.

La descripción geográfica, condiciones hidrológicas y climáticas del área de estudio, fueron descritas en trabajos anteriores por Roden y Groves (1959), Roden (1964).

MATERIALES Y METODOS.

A). Muestreo.

Durante la primavera de 1973, se realizó un crucero en conjunto con Scripps Institution of Oceanography, la Unidad de Ciencias Marinas, y el Instituto Nacional de Pesca, a bordo de la embarcación "Alexander Agassiz", en la zona comprendida entre la Isla Angel de la Guarda y Tiburón, y las cercanías de la antigua desembocadura del Río Colorado (Fig. 1).

Se realizó un solo muestreo hidrográfico de 92 estaciones, obteniéndose muestras de agua de mar en cada estación a profundidades estandar, para análisis de oxígeno disuelto (O_2), pH, nutrientes y clorofila "a". Las mediciones de salinidad ($S^\circ/\text{‰}$) y temperatura ($T^\circ\text{C}$) se hicieron por medio de un STD, utilizándose en aguas poco profundas botellas Nansen acopladas con termómetros protegidos y no protegidos para los muestreos de salinidad y temperatura.

En el presente trabajo, se analizan y discuten los resultados de la distribución horizontal de los datos de clorofila "a".

B). Análisis de Laboratorio.

El análisis fluorimétrico utilizado en el laboratorio para la determinación de la clorofila "a", fue el descrito por Yentsch y Menzel (1963), utilizando un fluorímetro Turner

CLOROFILA "a" EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

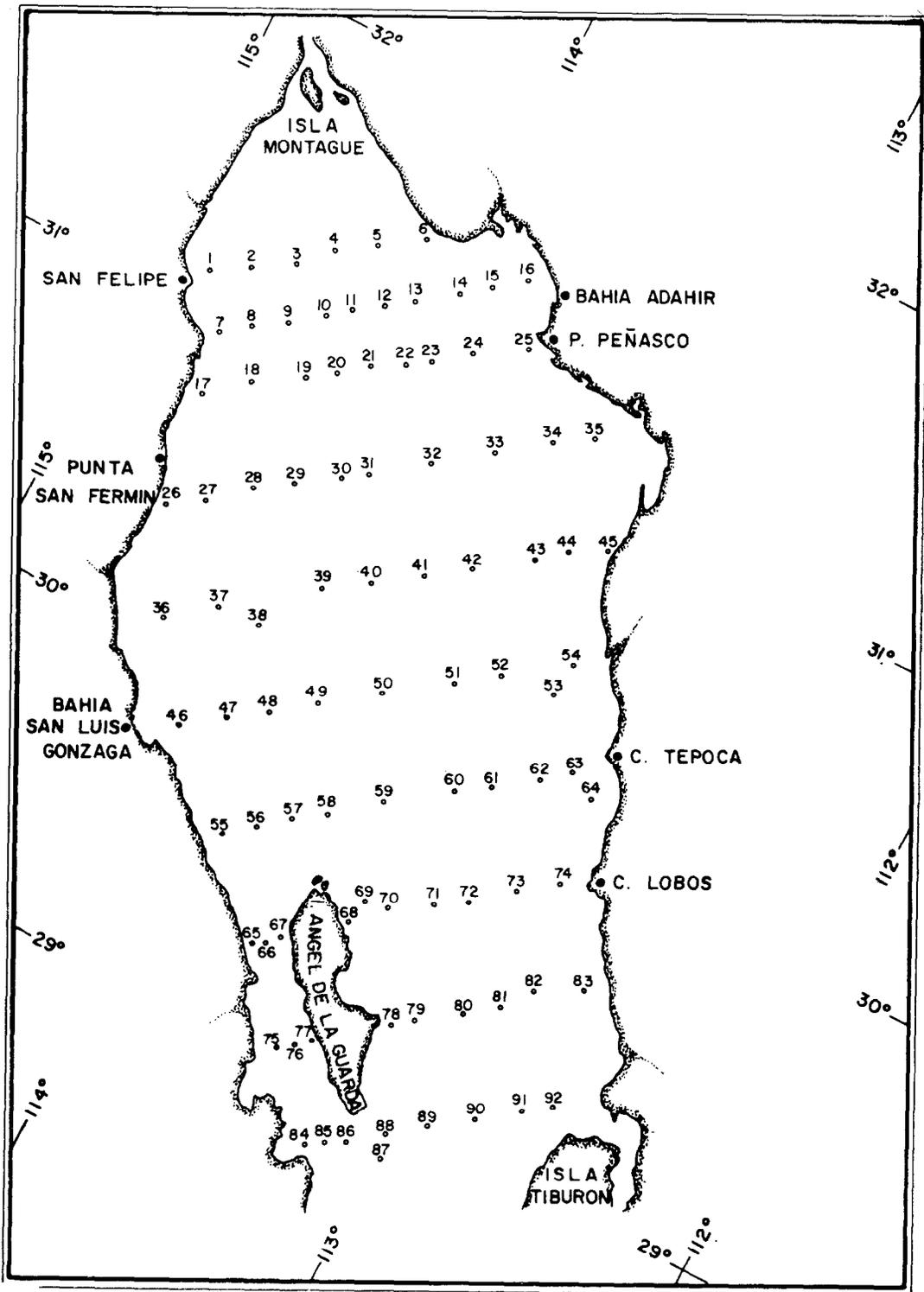


Figura 1. Plan de estaciones. CALCOFI 7303-G

Mod. 111. El procesado de las muestras se llevó a cabo en el laboratorio del Institute of Marine Resources, University of California.

C). Ecuación empleada para el cálculo de la Clorofila "a".

Para el cálculo de las concentraciones de clorofila "a", se empleó la ecuación de Holm-Hansen (Strickland y Parsons, 1973), modificada por W. Thomas (Thomas, comunicación personal)

$$X = F_d \frac{\gamma}{\gamma - 1} (R_b - R_a) \frac{V}{v}$$

X = Concentración de clorofila "a" (mg/m³).

F_d = Factor de la respectiva ventana.

γ = Relación R_b para la clorofila pura (1.95).

$\overline{R_a}$

R_b = Lectura de la muestra antes de agregar ácido (1.0N HCL).

R_a = Lectura de la muestra después de agregar ácido (1.0N HCL).

V = Volumen de la acetona en mililitros.

v = Volumen en litros de la muestra de agua de mar filtrada.

RESULTADOS.

La distribución superficial de clorofila "a" (Fig. 2), en general se presenta en forma de manchas, encontrándose en las zonas centrales y sur valores bajos con tendencia a aumentar hacia las costas de Baja California y Sonora. Se registraron los valores máximos en la parte norte frente a Bahía Adahir, Son., San Felipe y Punta San Fermín, B. C. El valor máximo registrado fue de 40.00 mg/m³ (Est. 26, Fig. 1) y el mínimo fue de 1.60 mg/m³ (Est. 30, Fig. 1).

La distribución de clorofila "a" a 5 m de profundidad, (Fig. 3), presenta gran similitud con la de superficie, se registraron centros aislados de valores medios frente a San Felipe y Bahía San Luis Gonzaga, B. C.; valores ascendentes hacia la costa frente a Punta San Fermín, B. C., Bahía Adahir y Cabo Lobos, Son. El valor máximo registrado fue de 30.00 mg/m³ (Est. 26, Fig. 1) y el mínimo fue de 1.30 mg/m³ (Est. 30, Fig. 1).

En la distribución de clorofila "a" a 10 m de profundidad (Fig. 4), se presentan los valores bajos en la zona central

CLOROFILA "a" EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

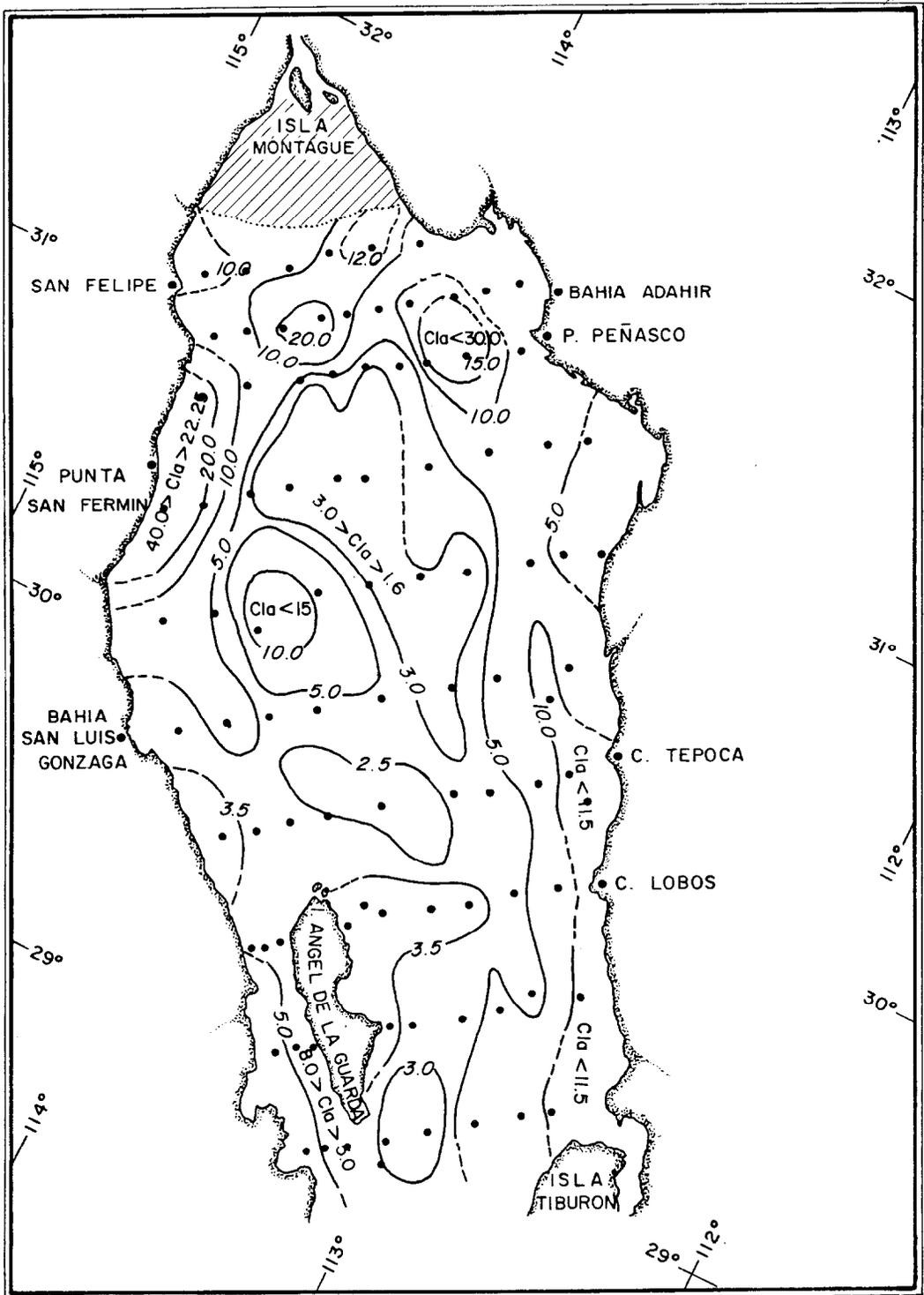


Figura 2. Distribución de Clorofila "a" mg/m^3 a 0 m de profundidad.

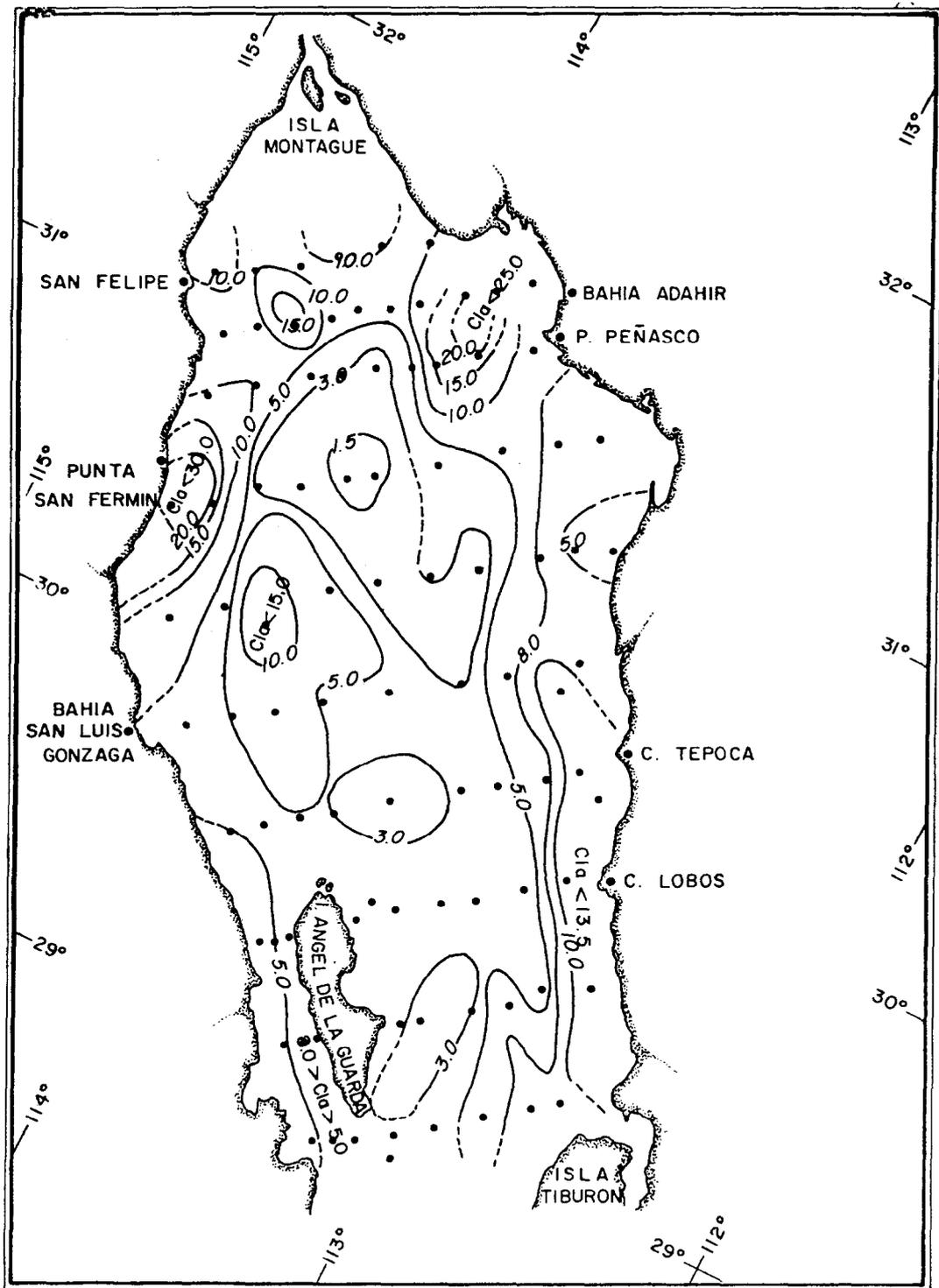


Figura 3. Distribución de Clorofila "a" mg/m³ a 5 m de profundidad.

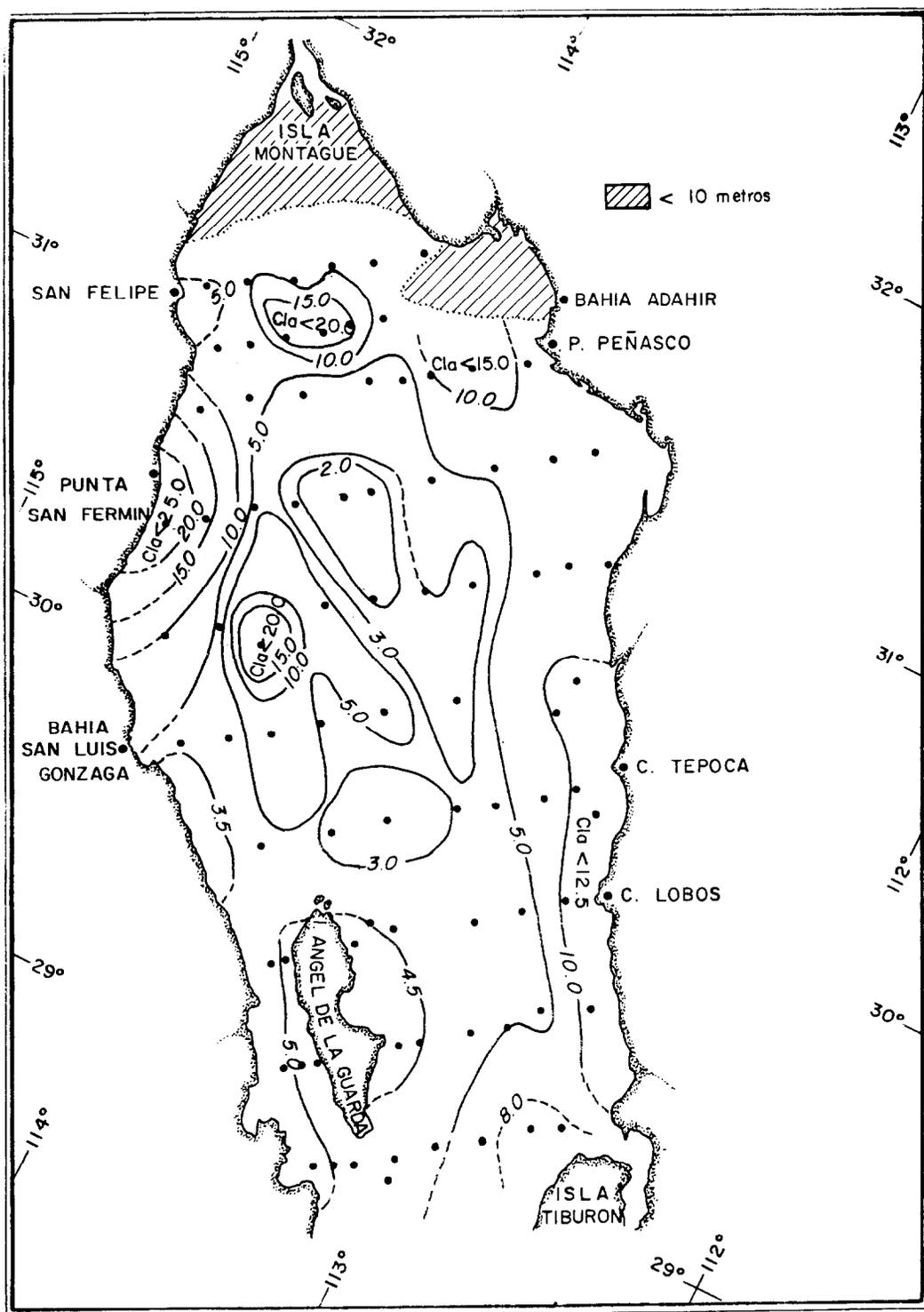


Figura 4. Distribución de Clorofila "a" mg/m^3 a 10 m de profundidad.

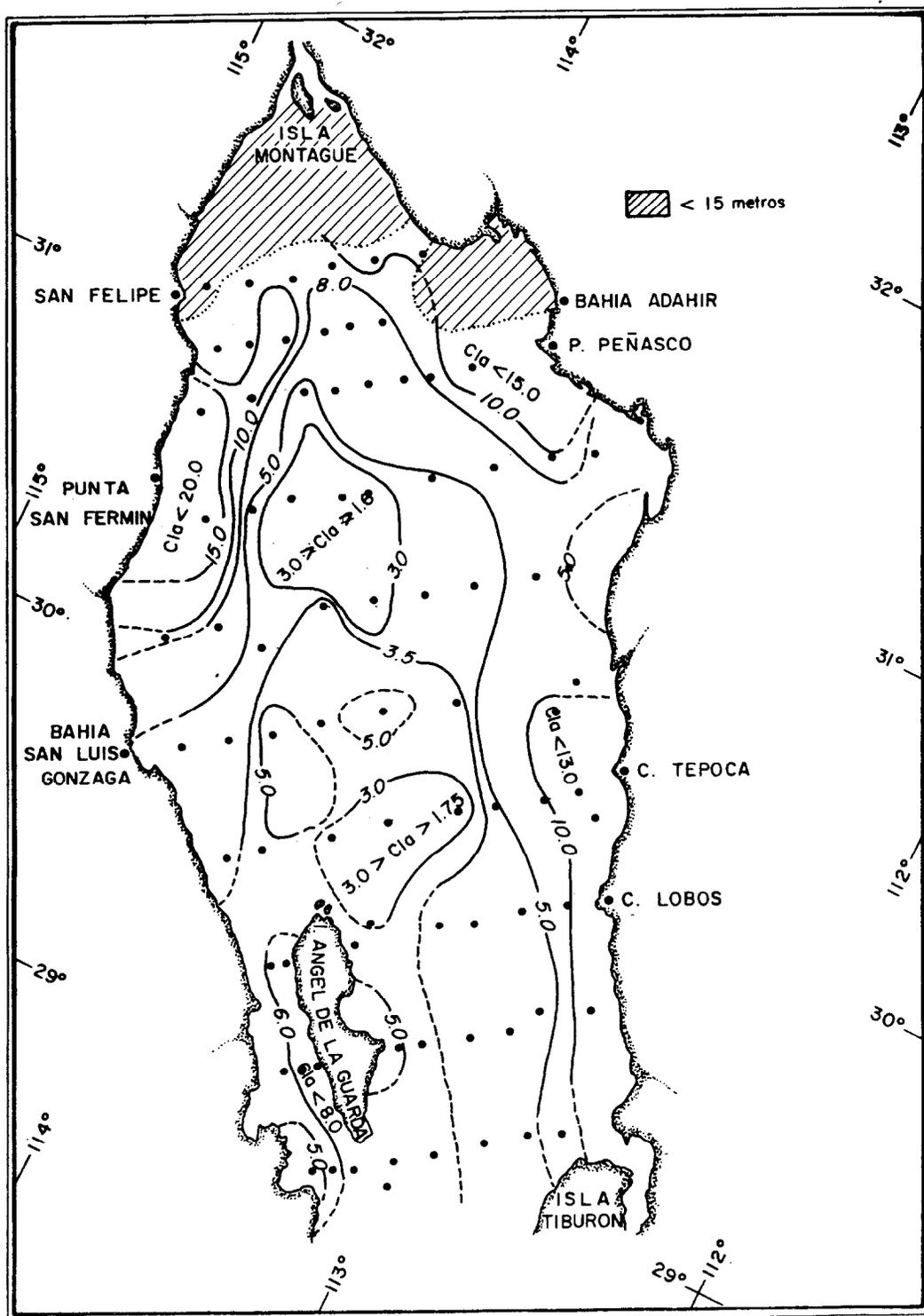


Figura 5. Distribución de Clorofila "a" mg/m^3 a 15 m de profundidad.

CLOROFILA "a" EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

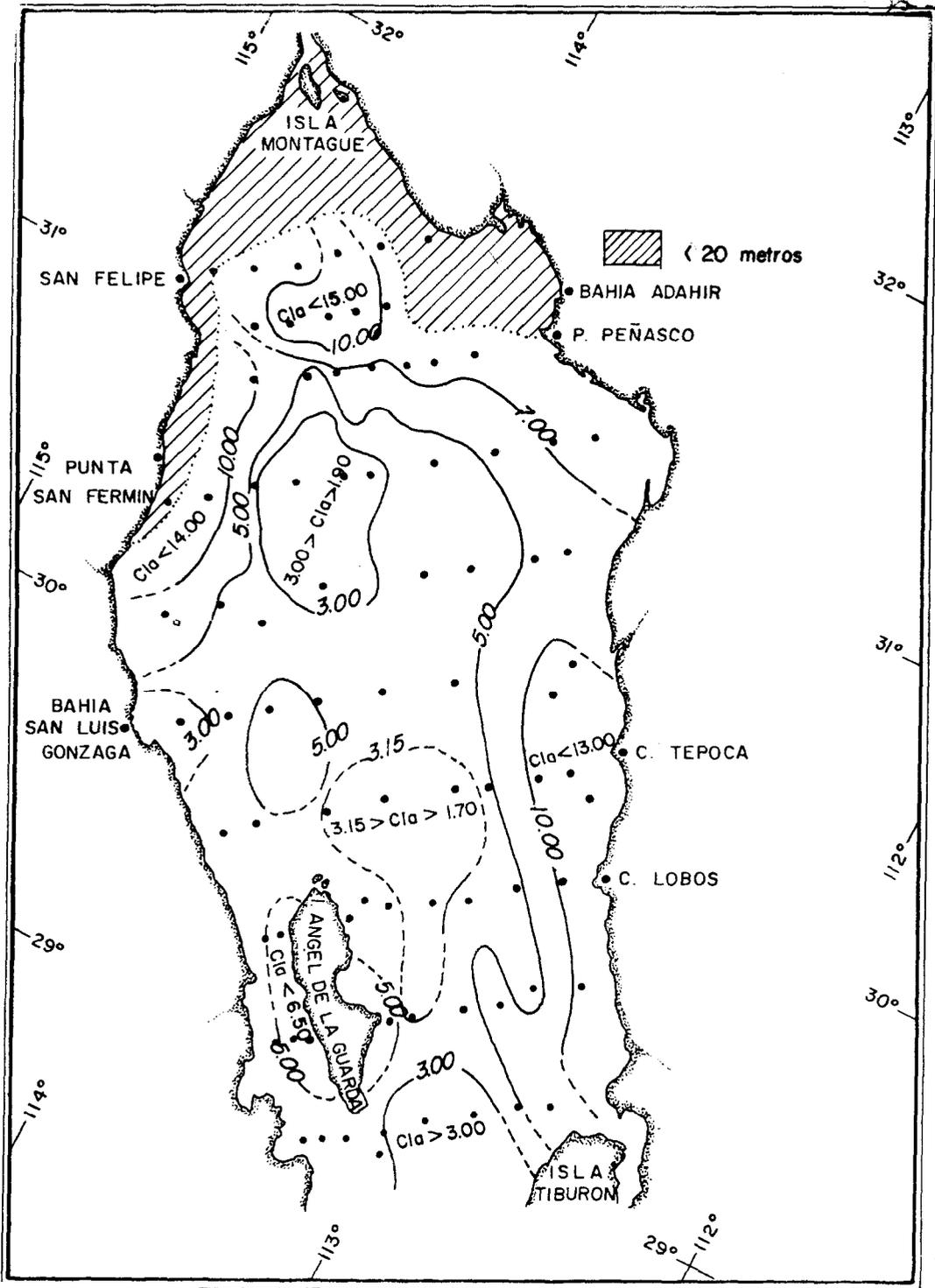


Figura 6. Distribución de Clorofila "a" mg/m³ a 20 m de profundidad.

y sur, los centros aislados de valores medios frente a Bahía San Luis Gonzaga y San Felipe, B. C., registraron un aumento de concentración con respecto al nivel anterior; el valor ascendente de Bahía Adahir, no se denota como tal, sólo se presentó una región de menor concentración. Frente a Cabo Lobos se registró un valor ascendente hacia la costa con valores medios, frente a San Fermín se registró un valor ascendente hacia la costa con los valores máximos de todo el nivel. El máximo valor registrado es de 26.40 mg/m^3 (Est. 26, Fig. 1) y el mínimo fue de 1.50 mg/m^3 (Est. 30, Fig. 1).

La distribución de clorofila "a" a 15 m de profundidad (Fig. 5) presentó manchas de menor área de valores bajos que los niveles anteriores en las zonas central y sur, con una tendencia más uniforme de incremento en concentración hacia las costas, no se encontraron centros aislados. Se registraron dos valores ascendentes medios para Bahía Adahir y Cabo Lobos; un valor ascendente máximo frente a Punta San Fermín, que abarca hasta San Felipe. El valor máximo registrado es de 22.35 mg/m^3 (Est. 27, Fig. 1) y el mínimo fue de 1.60 mg/m^3 (Est. 41, Fig. 1).

La distribución de clorofila "a" a 20 m de profundidad (Fig. 6) registró manchas claras de valores bajos en la zona central y una lengüeta al Sur de la Isla Angel de la Guarda con dirección Norte. Se registraron valores ascendentes frente a San Fermín, Cabo Lobos y entre San Felipe y Bahía Adahir, todos de valores máximos para este nivel. El valor máximo registrado es de 16.25 mg/m^3 (Est. 9 Fig. 1) y el mínimo fue de 1.00 mg/m^3 (Est. 59, Fig. 1).

La distribución de clorofila "a" a 30 m de profundidad (Fig. 7), presentó dos manchas principales de valores bajos en la región central. Se registró frente a San Luis Gonzaga una lengüeta con valores de baja concentración, con dirección Noroeste con tendencia a disminuir su valor hacia la región central; dos valores ascendentes de máxima concentración, uno abarcando San Fermín y San Felipe y otro al Sur de Puerto Peñasco. Se denotó un Centro aislado de alta concentración frente a Cabo Tepoca. Al Sur de Cabo Lobos se registró un leve gradiente de valores bajos, con dirección Noroeste y hacia la región central. El valor máximo registrado es de 17.25 mg/m^3 (Est. 9, Fig. 1) y el mínimo fue de 0.75 mg/m^3 (Est. 59, Fig. 1).

La distribución de la clorofila "a" a 40 m de profundidad (Fig. 8), registró una mancha de concentración mínima, al Norte de la Isla Angel de la Guarda, tendiendo las isolíneas

CLOROFILA "a" EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

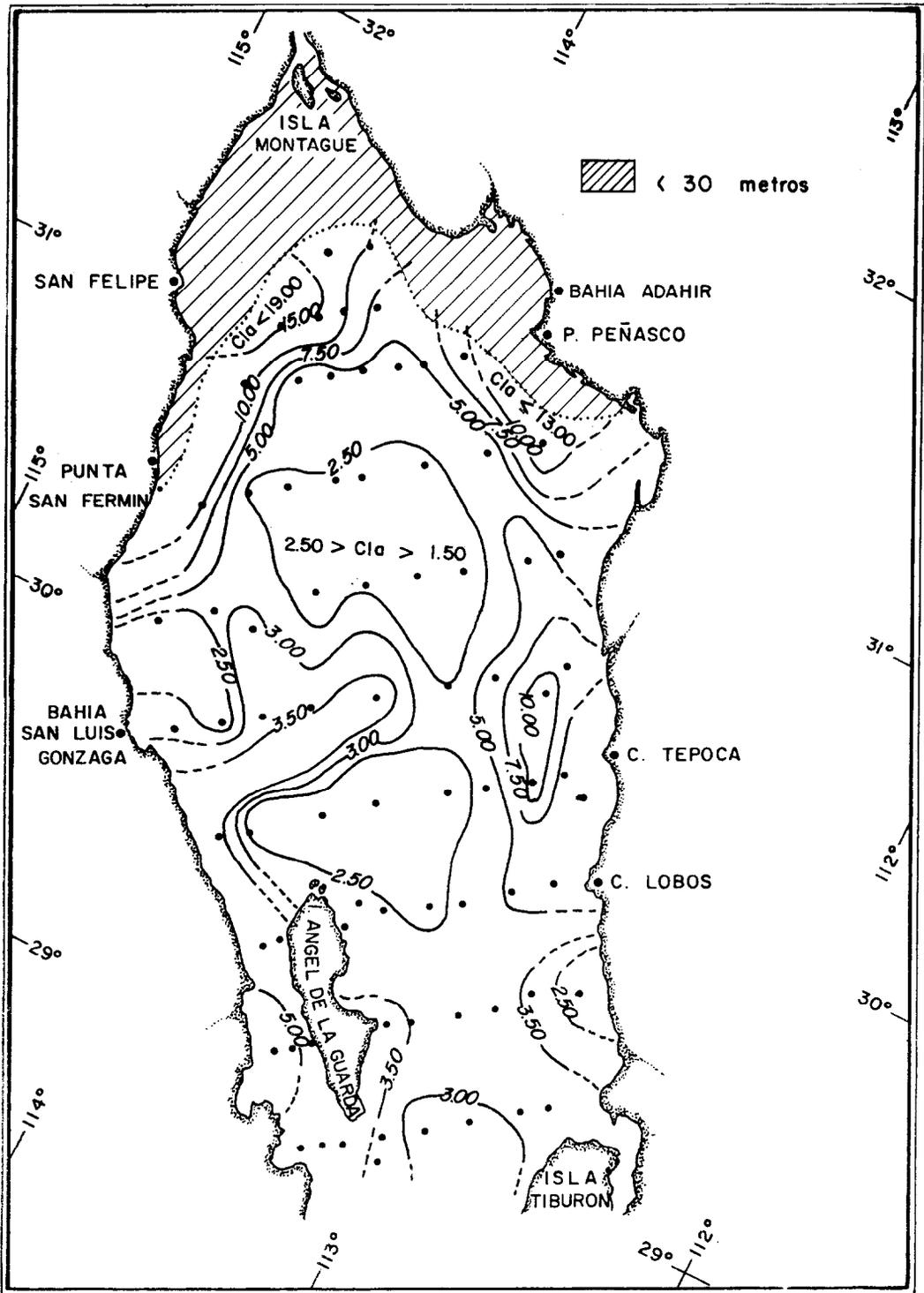


Figura 7. Distribución de Clorofila "a" mg/m^3 a 30 m de profundidad.

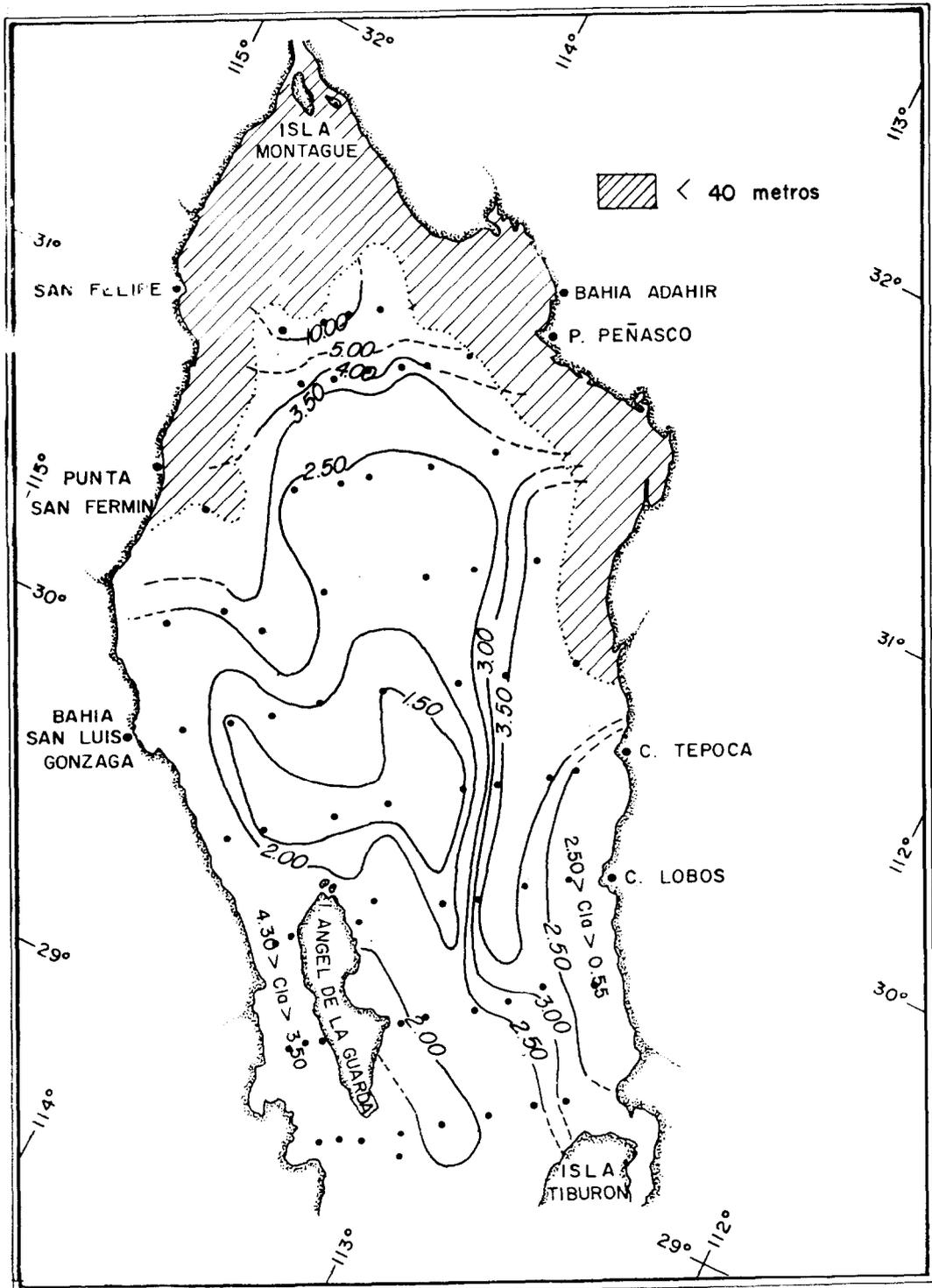


Figura 8. Distribución de Clorofila "a" mg/m³ a 40 m de profundidad.

CLOROFILA "a" EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

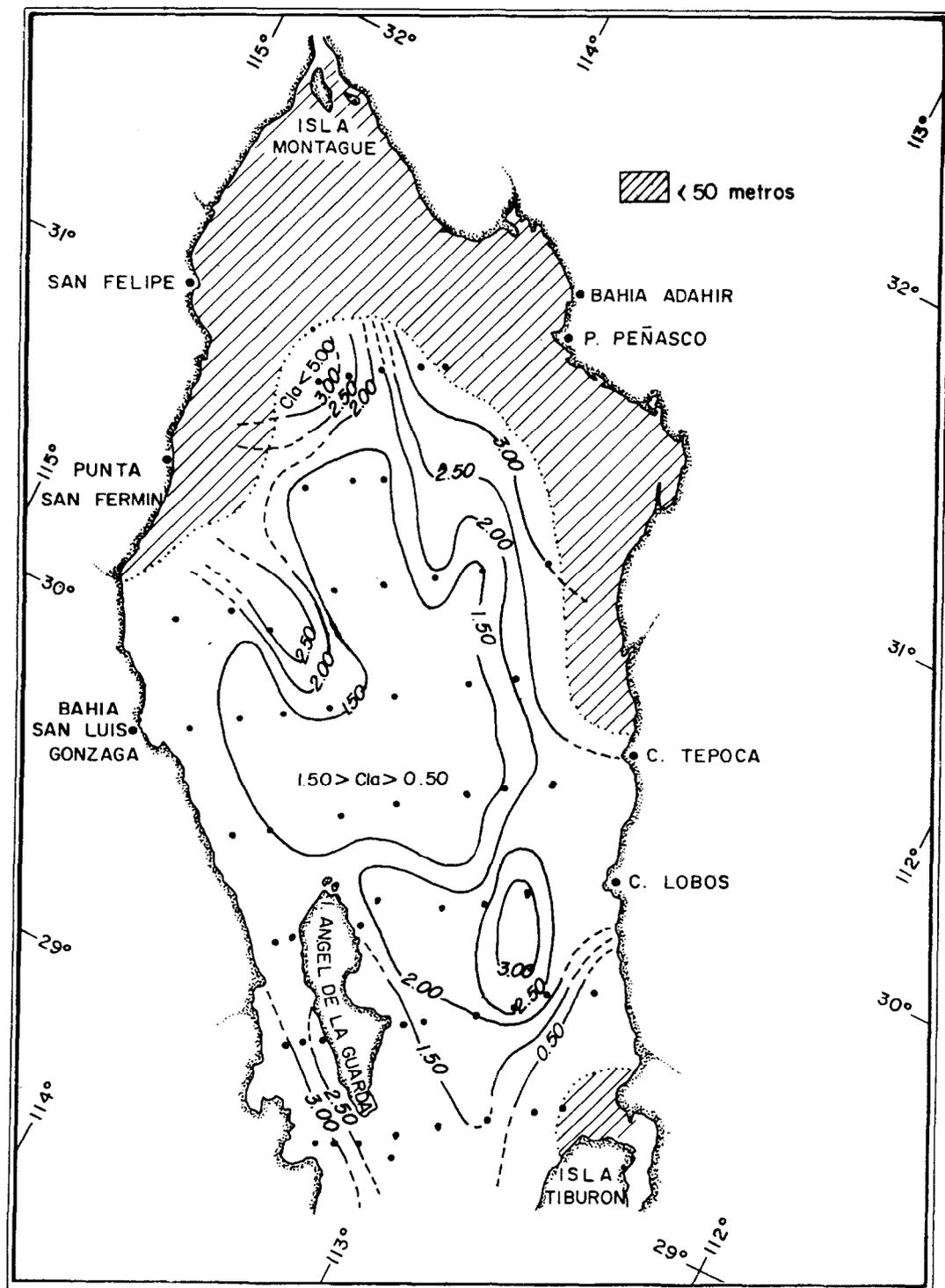


Figura 9. Distribución de Clorofila "a" mg/m³ a 50 m de profundidad.

a aumentar hacia el Norte y Noroeste, registrándose un gradiente máximo y único frente a San Felipe. Se observan valores descendentes hacia la costa frente a Cabo Lobos. El valor máximo registrado es de 10.80 mg/m^3 (Est. 9, Fig. 1) y el mínimo fue de 0.60 mg/m^3 (Est. 39, Fig. 1).

La distribución de clorofila "a" a 50 m de profundidad (Fig. 9), presentó una zona central de mínima concentración con una tendencia a aumentar hacia ambas costas. Se registró una lengüeta al Sur de Punta San Fermín con valores descendentes y dirección hacia la zona central, un centro aislado de valores medios frente a Cabo Lobos y valores ascendentes frente a San Felipe. El máximo valor registrado es de 3.65 mg/m^3 (Est. 18, Fig. 1) y el mínimo fue de 0.50 mg/m^3 (Est. 59, Fig. 1).

DISCUSIONES.

Para los tres primeros niveles muestreados, la distribución de clorofila fue en forma de manchas (Figs. 2, 3 y 4). Se observaron centros aislados de valores altos en la zona Norte frente a San Felipe y Bahía Adahir, y valores descendentes hacia las costas de Punta San Fermín, B. C. y Cabo Lobos, Son. Los centros aislados de alta concentración, fueron también registrados anteriormente por Gilbert y Allen (1943); asumiendo que el florecimiento de fitoplancton fue debido a un proceso de mezcla producido por los vientos invernales del Noroeste que homogenizan la columna de agua, enriqueciéndola con nutrientes para la primavera.

La distribución de clorofila "a" en el Golfo de California, presentó en forma general los valores más altos en los niveles superficiales, Steele y Yentsch (1960) establecieron que las distribuciones más fáciles de explicar son aquellas donde el máximo de concentración de clorofila está en la superficie; éstas son encontradas cuando una población fitoplanctónica esta fotosintetizando activamente durante las primeras etapas del florecimiento, así los cambios en concentración corresponden a los cambios en la profundidad del rango de fotosintetización. En 1973 utilizando los datos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, Villaseñor Casales (1974) reportó valores medios de temperatura y altos valores de oxígeno disuelto para las zonas frente a San Felipe y Bahía Adahir, lo que hace suponer que los altos valores de clorofila "a" sean debidos al proceso de mezcla tan efectivo dado lo somero de la zona y a los amplios rangos de mareas.

CLOROFILA "a" EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Lepley, Vonder Haar, Hendrickson y Calderon Riveroll (1975) proponen un sistema de corrientes para la zona Norte del Golfo en época de verano; donde sugieren que la circulación de masas de agua sigue una trayectoria de Norte a Sur, presentando a la altura de Bahía San Luis Gonzaga un centro de giro de corrientes en sentido de las manecillas del reloj, con hundimientos de masas de agua en el centro de giro. Se generan a partir de este centro de giro, circulaciones de corrientes de la superficie hacia el fondo y posteriormente hacia las costas ocasionando un sistema de surgencias. El centro aislado frente a Bahía San Luis Gonzaga (Figs. 2, 3 y 4) presenta una posición análoga con respecto al centro de giro de corrientes propuesto por Lepley et. al. (1975) para la época de verano, donde se producen hundimientos de aguas superficiales; esto hace suponer que se presentan concentraciones de plancton alrededor de este giro produciendo un centro de valores altos. Mathews, Granados y Arvizu (1974), reportaron para esta zona del Golfo las concentraciones más altas de huevos de merluza obtenidos durante el cruce de prospección del "Alejandro de Humboldt" en 1971.

Los valores ascendentes situados frente a las Costas de San Fermín, B. C. y Cabo Lobos, Son. (Fig. 2, 3 y 4) se presume sean producto del sistema de surgencias costeras presentes, debido al patrón propuesto por Lepley et. al. (1975); los valores ascendentes se registraron hasta los 40 m de profundidad en los niveles muestreados (Figs. 5, 6, 7 y 8). Rivera (1977), reportó altos valores en la concentración de nutrientes los que presentan una estrecha correlación con el aumento de clorofila para la costa frente a San Fermín.

Lorenzen (1967) ha establecido que las concentraciones de clorofila "a" disminuyen con la profundidad, presentando un máximo cerca de los límites de la termoclina. Para el Golfo de California en su región central donde se presentan las mayores profundidades con la ausencia de termoclina, (Villa-señor Casales, 1974), la distribución de clorofila "a" (Figs. 5, 6, 7, 8 y 9) no presenta un máximo de concentración sino que disminuye en relación directa conforme aumenta la profundidad.

CONCLUSIONES.

La distribución de la clorofila "a" en los niveles muestreados presentaron concentraciones en formas de manchas.

Los valores mayores se presentaron en la región superficial cerca de las zonas costeras, frente a Punta San Fermín, B.C., Cabo Lobos y Bahía Adahir, Son. Se encontró una relación similar con los resultados dados por Gilbert y Allen, donde el florecimiento del fitoplancton es en forma de centros aislados de alta concentración, debido en gran parte a la mezcla producida por el viento que homogenizan la columna de agua.

Se encontró una relación análoga en la concentración de clorofila "a" con respecto al giro propuesto por Lepley, et. al. para la época de verano, esta evidencia se manifiesta además con las concentraciones altas de huevos de merluza durante abril de 1971 y marzo de 1972.

RECONOCIMIENTOS.

Nuestro reconocimiento al Dr. William Thomas, del Instituto of Marine Resources University of California, por haber permitido el uso de sus instalaciones del laboratorio para el análisis de las muestras.

Al Ocean. Jorge A. Rivera, por su colaboración en la computadora.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA.

- Avalos Hernandez, M. 1974. Desarrollo histórico de las Pesquerías de camarón (*Penaeus* sp.) y Totoaba (*Cynocion macdonali*) en la parte Norte del Golfo de California. Tesis Profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas.
- Cupp E. E. y W. E. Allen. 1938. Plankton diatoms of the Gulf California obtained by Allan Hancock expedition of 1937. The Hancock Expedition, The Univ. So. Calif. Pub. Vol. 3 No. 5.
- Chapa, H., C. Guilbot y H. Romero. 1968. Ensayo de interpretación de las tallas comerciales de camarón en los litorales de Sonora, México. FAO FISH. Rep. No. 57:35-372.
- Farfan, B. C. 1975. Biomasa de Zooplancton en el Alto Golfo de California. Tesis Profesional. Unidad de Ciencias Marinas.

CLOROFILA "a" EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

- Gilbert, J. Y., y W. I. Allen. 1941. The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the "E. W. Scripps" in 1939 an 1940. Reimpreso (1964). Contribución No. 183.
- Guevara Escamilla, S. 1973. Estudio Químico sobre Contaminación por Insecticidas en la desembocadura del Rio Colorado. Tomo II. Sección IV, Primera parte. pp. 235-263.
- Lelpley, L.L., S.P. Vonder Haar, J. R. Hendrickson and G. Calderón Riveroll. 1975. Circualtion in the northern Gulf of California from orbital photographs and ship investigations. Ciencias Marinas, (Mex) 2(2) pp. 86-93.
- Lorenzen, C. J. 1967. Vertical distribution of clorophyll and Phaeopigments: Baja California. Deep Sea Res., 14, 735-745.
- Mathews, C. P., J. L. Granados, y J. Arvizu. 1974. Results of the exploratory Cruises of the Alejandro de Humboldt in the Gulf of California. CALCOFI Report, Vol. XVII. pp. 101-111,
- Rivera, J. A. 1977. Distribución vertical de Nutrientes en un transecto longitudinal en le Golfo de Calif. Tesis Profesional. Unidad de Ciencias Marinas.
- Roden, G. I. 1958. Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. Pac. SCI. 12(1): 21-45.
- Roden, G. I. and G. W. Groves. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. J. Mar. Res. 18(1): 10-35.
- Roden, G. I. 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. Mar. Geol. of Gulf Calif. A Symposium Amer. Assoc. Petrol. Geol. Tulsa, Mem. 3:30-58.
- Sokolov, V. A. 1974. Investigaciones Biológico Pesqueras de los peces pelágicos del Golfo de California. CALCOFI Report. Vol. XVII. pp. 92-96.
- Steele, J. H. and C. S. Yentsch. 1960. Vertical distribution of clorophyll Woods Hole Cont. No. 1078. 217-226.
- Strickland, J. D. M. and T. R. Parsons. 1972. A manual of sea water analysis. Bull. Fish Res. Bd. Cen. 167.

- Villaseñor, C. A. 1974. Hidrología de la parte norte del Golfo de California. Tesis Profesional Esc. Sup. de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California.
- Yentsh, S. C. and D. W. Menzel. 1963. A method for the determination of phytoplankton and phaeophytin by fluorescence. Deep-Sea Res. 10: 221-231.
- Zeitzschel, B. 1969. Primary Productivity in the Gulf of California Jour, Mar. Biol. Vol. 3 pp. 201-207.

Recibido: Junio 2 de 1978.