

*Trabajo para
Publicar 22/11/03
E 2*

SEDIMENTOLOGÍA DE LA BAHÍA SEBASTIÁN VIZCAÍNO E INMEDIACIONES, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

POR: TTE.NAVÍO SCMA OCEAN RENÉ A. NAVARRO PALACIOS
Y M. EN C. MANUEL MANCILLA PERAZA.

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA DE
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

RESUMEN

Con apoyo de los Buques Oceanográficos H05 "Altair" y H03 "Alejandro de Humboldt", se colectaron 37 muestras de sedimento mediante una draga tipo Van Veen, en la Bahía Sebastián Vizcaíno, Banco Ranger, Punta Canoas y alrededores de la Isla de Cedros, en la costa occidental de la Península de Baja California. Se determinó la distribución del tamaño de grano de los sedimentos, la composición relativa de carbono orgánico y el contenido de carbonatos y fosfatos. Se identificaron dos grandes zonas de sedimentación: (a) el Banco Ranger, en donde los procesos óxicos y dinámicos ocurren en un ambiente de dominio calcáreo, con alta concentración de carbón orgánico y sedimentos de tamaño de las arenas medias a finas ($\phi = 1.0$ a 2.1) principalmente; y (b) porción Nororiental de la Bahía Sebastián Vizcaíno, en donde el tamaño de los sedimentos varía desde grano grueso a muy fino ($\phi = 0.2$ a 3.7); hay una alta concentración de fosfatos (máximo de 22.3 %) constituidos principalmente por detritus orgánico, como frústulas de diatomeas y material fosfatado proveniente de peces y otros organismos. Este sitio de sedimentación se considera generador de futuras fosforitas marinas. En el Canal de Keller, entre las Islas de Cedros y Natividad predomina el material de grano grueso, debido a las fuertes corrientes que remueven el material fino; mientras que, en la porción centro-occidental de la bahía son abundantes las arenas muy finas y limos, que se asocian a las corrientes de baja velocidad cercanas al centro del giro anticiclónico semipermanente que caracteriza la circulación de la bahía.

INTRODUCCIÓN.

Antecedentes.

La Bahía Sebastián Vizcaíno, B. C., es una de las grandes bahías del litoral occidental de la Península de Baja California, cuyas aguas son muy ricas en materia orgánica; sin embargo, la pesquería ha estado declinando últimamente, debido posiblemente al fenómeno de El Niño, que ha tenido mayor intensidad o duración en los últimos años, como en el período 1997-1998, cuando la captura de sardina y la colecta de abulón y sargazo, entre otros, tuvieron caídas considerables. La diferenciación sedimentaria en la bahía responde principalmente a dos grandes causales: el comportamiento hidrodinámico regido por las intensidades y direcciones de las corrientes marinas y el complejo proceso de producción orgánica y procesos geoquímicos que se lleva a cabo en las aguas costeras y cercanas al fondo de

Bahía Sebastián Vizcaino, presentándose sedimentos verdes-olivos con gran contenido orgánico, de moderada a pobremente clasificados, con alta presencia de las arenas-limosas carbonatadas (Daesslé y Carriquiry, 1998).

El clima es árido con una precipitación pluvial de 2 a 3 cm por año (Phleger y Ewing, 1962) y con amplios intervalos de variación en la temperatura ambiente mayores a los 40 °C. Los vientos reinantes provienen del NW; los que se intensifican en abril y mayo (Reid *et al.*, 1958). Lo anterior propicia la surgencia de aguas frías, ricas en nutrientes casi todo el año; especialmente en abril y mayo, en la Región de Punta Canoas (Dawson, 1952; Bakun and Nelson, 1977).

Respecto a la estructura termohalina de las aguas, Wyllie (1960) y Mancilla *et al.* (1992a) identificaron en la bahía, a la Masa de Agua Ecuatorial Transformada y la Masa de Agua Subártica del Pacífico; asimismo, identificaron los principales procesos que contribuyen a la variabilidad estacional de las aguas, como: el calentamiento y enfriamiento estacionales, el evento anual de surgencia, la advección de aguas desde la zona de surgencia enfrente de Punta Canoas y desde el océano adyacente al final del período de surgencias (septiembre), la convergencia de las aguas hacia la zona Sur de la bahía y las intrusiones en primavera y verano de las masas de agua Subártica del Pacífico y la Ecuatorial Transformada.

Las corrientes de Bahía Sebastián Vizcaino están fuertemente influenciadas por el viento reinante del NW, que juega el papel más importante como agente originador de movimiento y del transporte de masa; además, propicia el área de calma a sotavento de la Isla de Cedros; lo que produce el gran giro anticiclónico que caracteriza la circulación de la parte centro-occidental de la bahía (Palacios *et al.*, 1996). En el Canal de Keller se ha observado mediante anclaje de correntímetros, la corriente que sale de la bahía, con magnitudes en ocasiones mayor de 2 nudos, en coincidencia con vientos moderados del NW (Mancilla *et al.*, 1992b).

La Sedimentología Marina, es una rama importante de la Oceanografía, que ayuda a comprender el movimiento y origen de los depósitos sedimentarios modernos; estimar la tasa de sedimentación y/o de erosión costera, apreciar algunos procesos orgánicos y delimitar las provincias sedimentarias. Una adecuada descripción sedimentaria, puede apoyar los estudios de dinámica marina, para definir las direcciones de los flujos dominantes, que determinan las variaciones en el tamaño de grano de los sedimentos, a los que se asocian los niveles de energía hidrodinámica.

Objetivo.

Determinar la distribución de características sedimentológicas marinas básicas (tamaño de grano, composición de carbono orgánico y contenido de carbonatos y fosfatos) de Bahía Sebastián Vizcaino e inmediaciones; a fin de, contribuir al conocimiento oceanográfico de nuestros mares.

Área de estudio.

La Bahía Sebastián Vizcaíno se localiza frente a la costa occidental de Baja California, entre los paralelos 27° 30' a 29° 30' latitud N y meridianos 114° 00' a 115° 30' longitud W. La bahía está delimitada por la costa de Punta Canoas a Punta Eugenia y las Islas de Cedros y Natividad. Tiene forma semicircular con 115 km de diámetro, un área de 11,000 km² y una profundidad promedio de 75 m. La parte central de la bahía presenta una superficie ancha y ligeramente cóncava con una pendiente muy suave orientada hacia el NW. Las lagunas costeras de Ojo de Liebre, Guerrero Negro y Manuela bordean la costa Suroriental de la bahía (figura 1).

La bahía presenta una amplia comunicación con el océano adyacente de más de 100 km y profundidad máxima de 200 m, en su porción Noroccidental; mientras que, entre el extremo Sur de la Isla de Cedros y Punta Eugenia, la comunicación con el océano adyacente a través de los Canales Keller y Dewey es más reducida. El Canal de Keller se encuentra entre las Islas de Cedros y Natividad, tiene 15 km de ancho y 45 m de profundidad máxima. Entre la Isla Natividad y Punta Eugenia se encuentra el Canal de Dewey con 7.5 km de ancho y profundidad máxima de 30 m.

METODOLOGÍA.

Con apoyo de los B/O H05 "Altair" y H03 "Alejandro de Humboldt", mediante una draga tipo Van Veen se colectaron muestras de sedimento en 37 estaciones en Bahía Sebastián Vizcaíno, Banco Ranger, frente a Punta Canoas y alrededor de la Isla de Cedros. Se tomó una muestra de sedimento por estación, para análisis descriptivo de sedimentos. El análisis de tamaño de grano del sedimento se realizó mediante la técnica de Royce (1970), que consiste en la utilización de tamices de diferentes tamaños de luz de malla, que para el estudio se trabajó en el tamaño arenas (de -1 a 4 ϕ), incluyéndose con el pretratado de las muestras consistente en eliminación de sales mediante el lavado con agua destilada, eliminación de la materia orgánica utilizando oxidaciones con uso de peróxido de hidrógeno grado técnico y el subsecuente lavado con agua destilada y secada en horno a baja temperatura para evitar el empaque de la matriz que originara problemas de evaluación del tamaño de partícula. Posterior al pretratado se realizó el tamizado en juego de tamices de media unidad ϕ en media unidad ϕ en el intervalo de -1 a 4 ϕ . Se trató de iniciar con una muestra de sedimento en el intervalo de 100 a 150 g debidamente cuarteados. Se pesaron las submuestras obtenidas y se calcularon los pesos porcentuales obtenidos con un límite de confianza al 99 %. La determinación de fósforo total en sedimento se efectuó de acuerdo con la técnica descrita por Ruiz (1990) y Daessle y Carriquiry (1998), que se basa en el método volumétrico con la cuantificación del precipitado de fosfomolibdato de amonio; midiéndose el peso seco mediante la disolución con hidróxido de sodio.

La determinación de materia orgánica y carbonatos se realizó con las técnicas gravimétricas (diferencias de peso), descritas por Biggs (1970) y Dean (1974); en donde, se calcinan las muestras a baja temperatura para materia orgánica (350 grados Celsius /hora) para oxidar la materia orgánica presente, una segunda

calcinación a 850 grados Celsius /hora se lleva a cabo para eliminar el carbonato estructural del material litogénico. Las características texturales de los sedimentos fueron determinadas siguiendo el método de tamizado (Royce, 1970) para la formación de arenas (-1 a 4 ϕ , cada 0.5 ϕ) y mediante el método de pipeta (Galehouse, 1971) para la fracción de limos (5 a 8 ϕ) y arcillas (>8 ϕ).

RESULTADOS.

La Tabla I muestra las características sedimentológicas de las 37 muestras de sedimento superficial del fondo de Bahía Sebastián Vizcaíno e inmediaciones, que comprende tamaño de grano en escala ϕ ; así como, la composición porcentual de carbonatos, carbón orgánico y fosfato. En general, el tamaño promedio de grano en la bahía corresponde a arena fina, con una distribución muy marcada en el gradiente de grano grueso a muy fino ($\phi=0.2$ a 3.7) en la porción Nororiental (figura 2). En el Canal de Keller (CK) comprendido entre las Islas de Cedros y Natividad, se encontró arena gruesa ($\phi = 0.5$), en concordancia con las altas velocidades en ocasiones mayor de 2 nudos, que alcanzan las corrientes que salen de la bahía (Mancilla *et al.*, 1992b); en cambio, en la porción centro-occidental de la bahía y frente a la Punta Norte de Isla de Cedros, se encontró arena muy fina y material limoso. El carbón orgánico en sedimentos, fue más abundante en las inmediaciones del Banco Ranger al Noroeste de la Punta Norte de Isla de Cedros (máximo = 15.1 %); así como, en la porción Nororiental de Bahía Sebastián Vizcaíno (máximo = 9.8 %) (figura 3). En cuanto a las concentraciones de carbonatos, en el interior de la bahía el promedio fue 5.84 %; mientras que en el Banco Ranger alcanzó un máximo de 36.9 % y valores mínimos frente a Punta Canoas (mínimo = 1.4 %) y en la porción Nororiental de la bahía (mínimo = 0.9 %) (figura 4). En lo que respecta a la concentración de material fosfatado, el promedio fue 2.4 % dentro de un rango que va desde cero hasta 22.3 % de fosfatos; lo que refleja la alta producción de las aguas en la porción Nororiental de la bahía (figura 5).

DISCUSIÓN.

La sedimentología del fondo de Bahía Sebastián Vizcaíno e Inmediaciones muestra dos grandes zonas de sedimentación: (a) Banco Ranger, en donde los procesos óxicos y dinámicos están presentes en un ambiente de dominancia calcárea, con alta concentración de carbón orgánico, donde las arenas medias y finas dominan el tamaño de las partículas; y (b) porción Nororiental de Bahía Sebastián Vizcaíno, en donde se apreciaron tamaños de sedimento de grano muy fino a grueso ($\phi=0.2$ a 3.7); así como, una alta concentración de fosfatos (máximo=22.3 %), baja concentración de carbonatos (0.9%) y abundancia de carbón orgánico (mayor de 8 %). El detritus orgánico está constituido principalmente de frústulas de diatomeas y material fosfatado proveniente de peces y otros organismos, que evidencia la influencia de aguas enriquecidas, por las surgencias presentes casi todo el año frente a Punta Canoas y que la corriente marina dominante en sentido NW a SE, transporta hacia la porción Nororiental de la bahía, convirtiéndose en un

receptáculo natural de material fosfatado que enriquece los sedimentos; por lo que puede considerarse como una zona de formación incipiente de material fosforítico y génesis de futuras fosforitas marinas. Por otra parte, en el Canal de Keller comprendido entre las Islas de Cedros y Natividad, se encontró arena gruesa ($\phi = 0.5$), debido a las altas velocidades de las corrientes que salen de la bahía, en ocasiones mayor de 2 nudos en coincidencia con vientos del NW; en contraste, en la porción centro-occidental de la bahía se encontraron arenas muy finas y material limoso, que corresponden con las bajas velocidades de la corriente en el centro del giro anticiclónico que caracteriza la circulación de la bahía, descrito por Willye (1960), S.I.O. (1962), Mancilla *et al.* (1992a) y por el modelo hidrodinámico de Bahía Sebastián Vizcaíno propuesto por Palacios *et al.* (1993).

CONCLUSIÓN.

A.- Existencia de dos grandes zonas de sedimentación: (a) el Banco Ranger con una dominancia calcárea y (b) la porción Nororiental de la bahía, con una alta concentración de fosfatos.

B.- Las variaciones en el tamaño de grano de los sedimentos están estrechamente ligados a los niveles de energía de las corrientes. Las arenas muy finas limosas de la porción centro-occidental de la bahía corresponden con las bajas velocidades de la corriente en el centro del giro anticiclónico semipermanente. En contraste, la arena gruesa del Canal de Keller corresponde con las altas velocidades de las corrientes.

LITERATURA CITADA

- Bakun, A. and Nelson, C.S. (1977). Climatology of upwelling related processes off Baja California. CALCOFI Rep. (1 July 1975 to 30 June 1976), 19: 107-127.
- Biggs, R. B. (1970). Sources and distribution of suspended sediment in the northern Chesapeake Bay. *Marine Geology*. 9: 187-201.
- Daesslé H. W. y Carriquiry B. J. (1998). Sedimentology and Rare Earth Element Geochemistry of Phosphatic Sediments from Sebastián Vizcaíno Bay, Baja California, México. *Marine georesources and Geotechnology*. 16: 3-21.
- Dawson, E.Y. (1952). Circulation within Bahía Vizcaíno, Baja California, and its effects on marine vegetation. *Journal of Botany*, 39(7): 425-432.
- Dean, W. E. Jr. (1974). Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44(1): 242-248.

- Galehouse, J.S. (1971). Sedimentation analysis. En: Robert Carver (Ed.) Procedures in Sedimentary Petrology, Wiley-Interscience, pp. 69-94.
- Mancilla, P.M., Palacios H.E. y López C.G. (1992a). Variabilidad hidrográfica de Bahía Vizcaíno, Baja California, México. Ciencias Marinas, 19(3): 265-284.
- Mancilla, P.M., Argote E. M. L., Amador B. A. y Palacios H. E. (1992b). Medición de corrientes en el Canal de Keller, Baja California, México. Reporte Técnico SEMAR/EIOE 1992 (No publicado). 16 pp.
- Palacios, H. E, Argote E. M. L., Amador B. A. y Mancilla P.M. (1996). Simulación de la circulación barotrópica inducida por viento en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C. *Atmósfera*, 9: 171-188.
- Phleger, F. and Ewing G. (1962). Sedimentology and oceanography of coastal lagoons in Baja California, México; *Geologic Society of America Bull.*, 2(73): 145-182.
- Reid, J.L., Roden, G.I. and Wyllie, J.G. (1958). Studies of the California Current System. CALCOFI Progress Rep. (7 January 1956-1 January 1958), pp.27-57.
- Royce, C. (1970). An introduction to sediment analysis. Arizona State University, 130 pp.
- Ruiz, R. E. (1990). Análisis químico en sedimentos marinos para análisis y distribución de fosforitas en la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec. Tesis de Licenciatura. U.N.A.M. Facultad de Química. México, D.F. (falta número de páginas)
- Wyllie, J.G. (1960). The water masses of Sebastián Vizcaíno Bay. CALCOFI Report (1 July 1959-30 June 1960), 8: 83-93. [*Contrib.Scripps Inst. Oceanogr.* 1357, pp. 907-917.

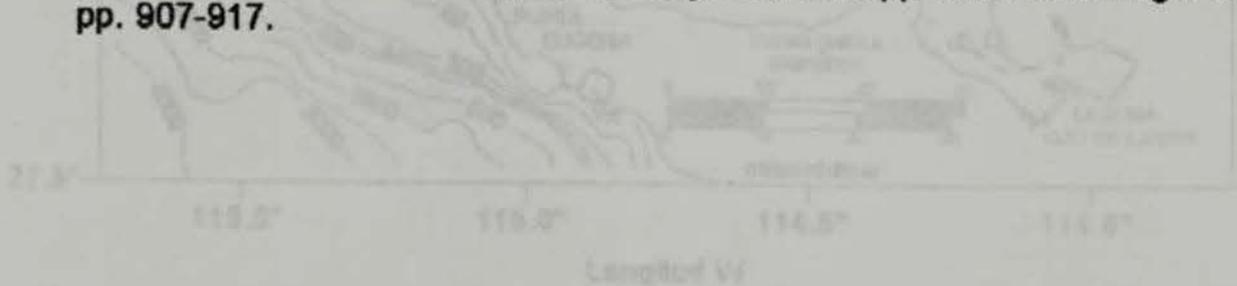


Figura 1 - Localización del área de estudio y las estaciones de muestreo.

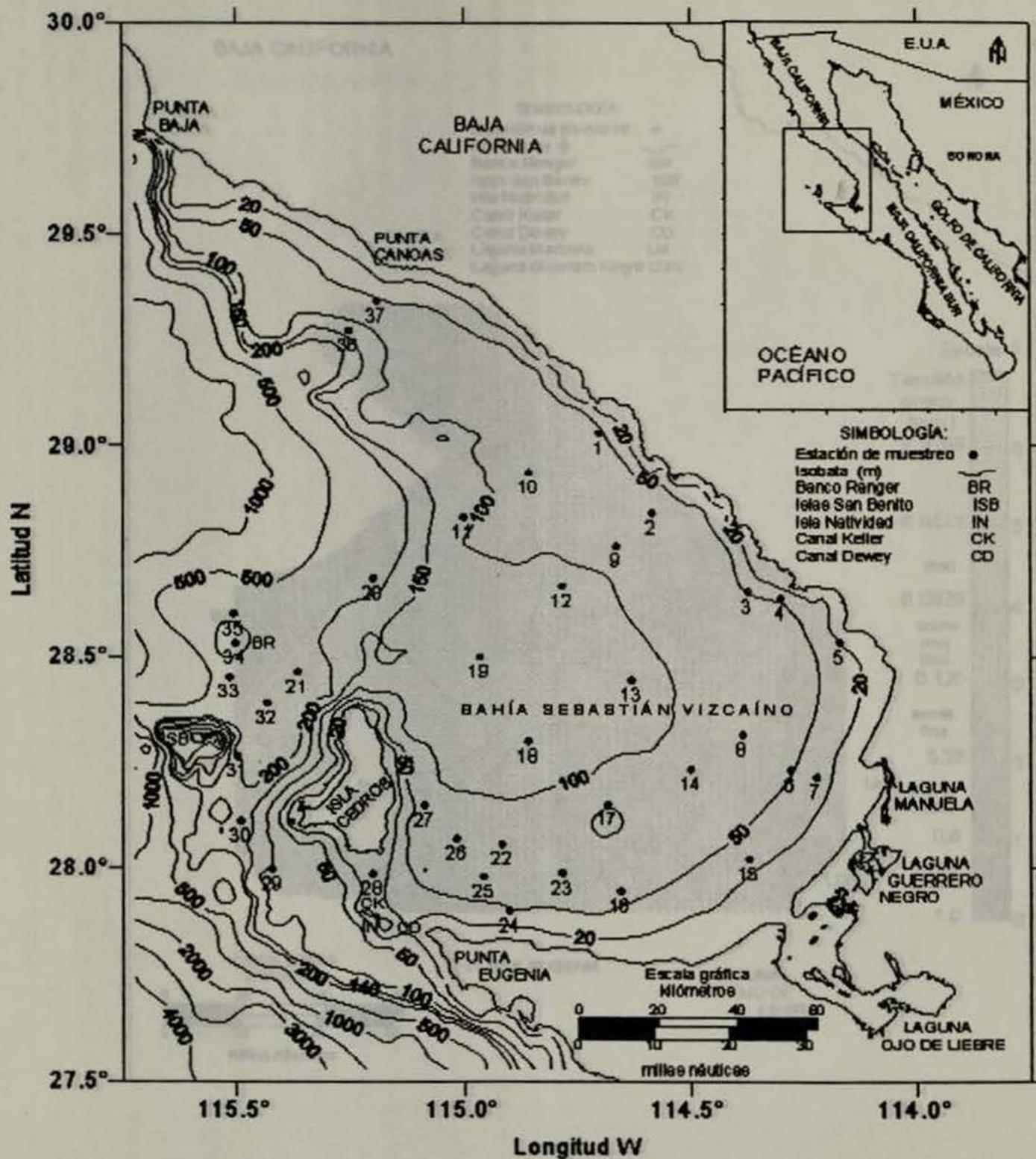


Figura 1.- Localización del área de estudio y las estaciones de muestreo.

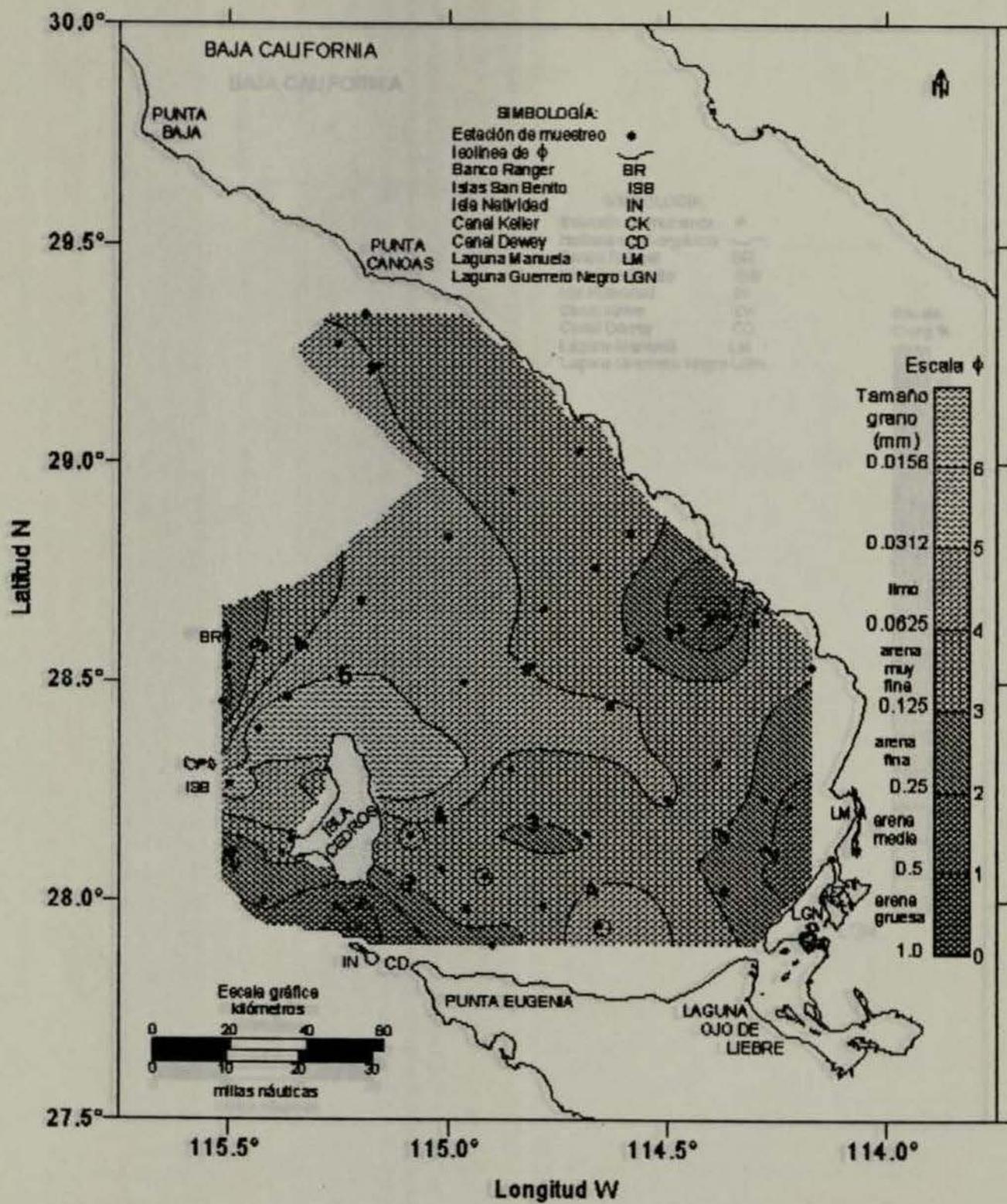


Figura 2.- Distribución de tamaño de sedimentos en Bahía Sebastián Vizcaino, B.C.

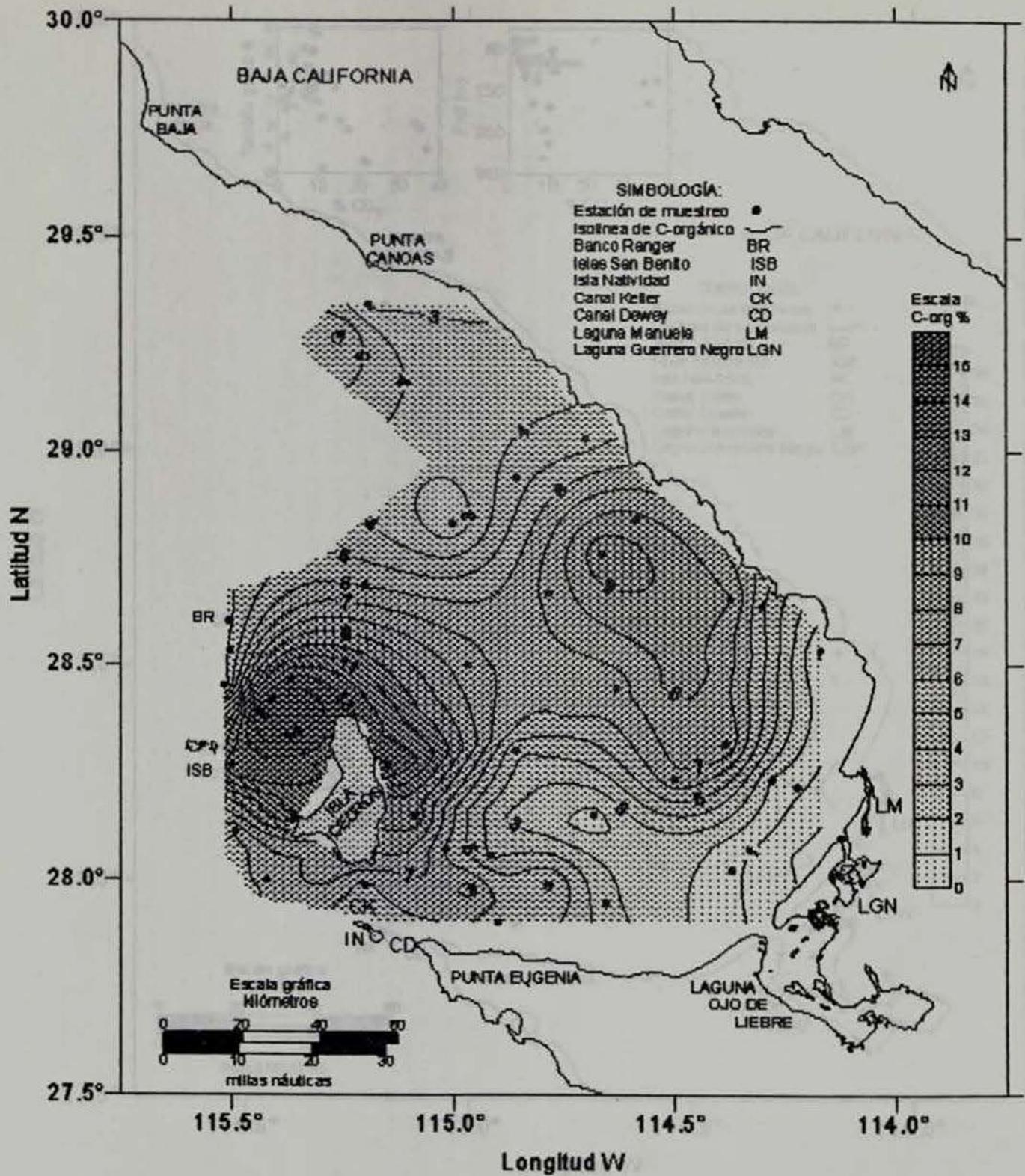


Figura 3.- Distribución de carbono orgánico en sedimentos de Bahía Sebastián Vizcaino, B.C.

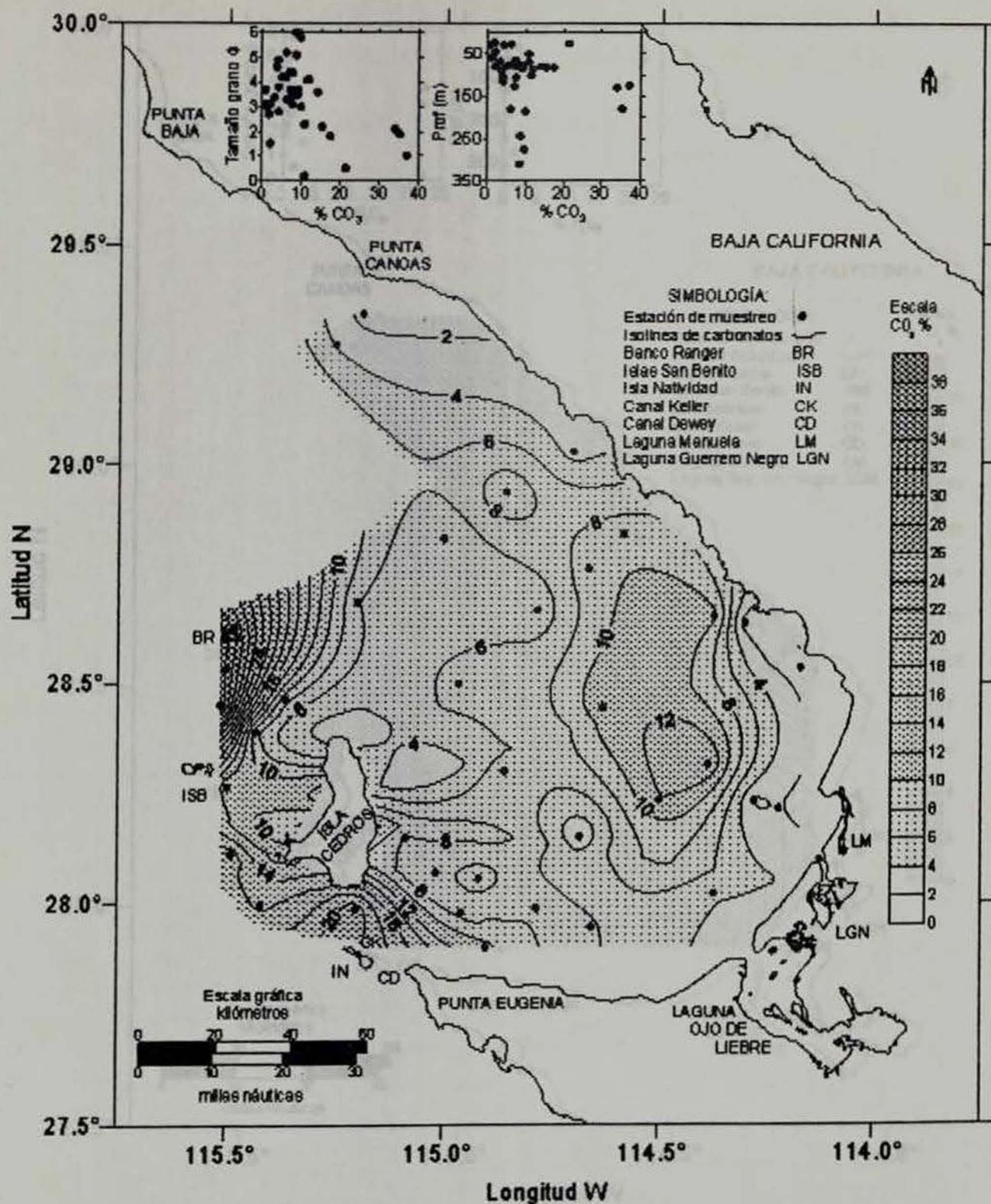


Figura 4.- Distribución de carbonatos en sedimentos de Bahía Sebastián Vizcalno, B.C.

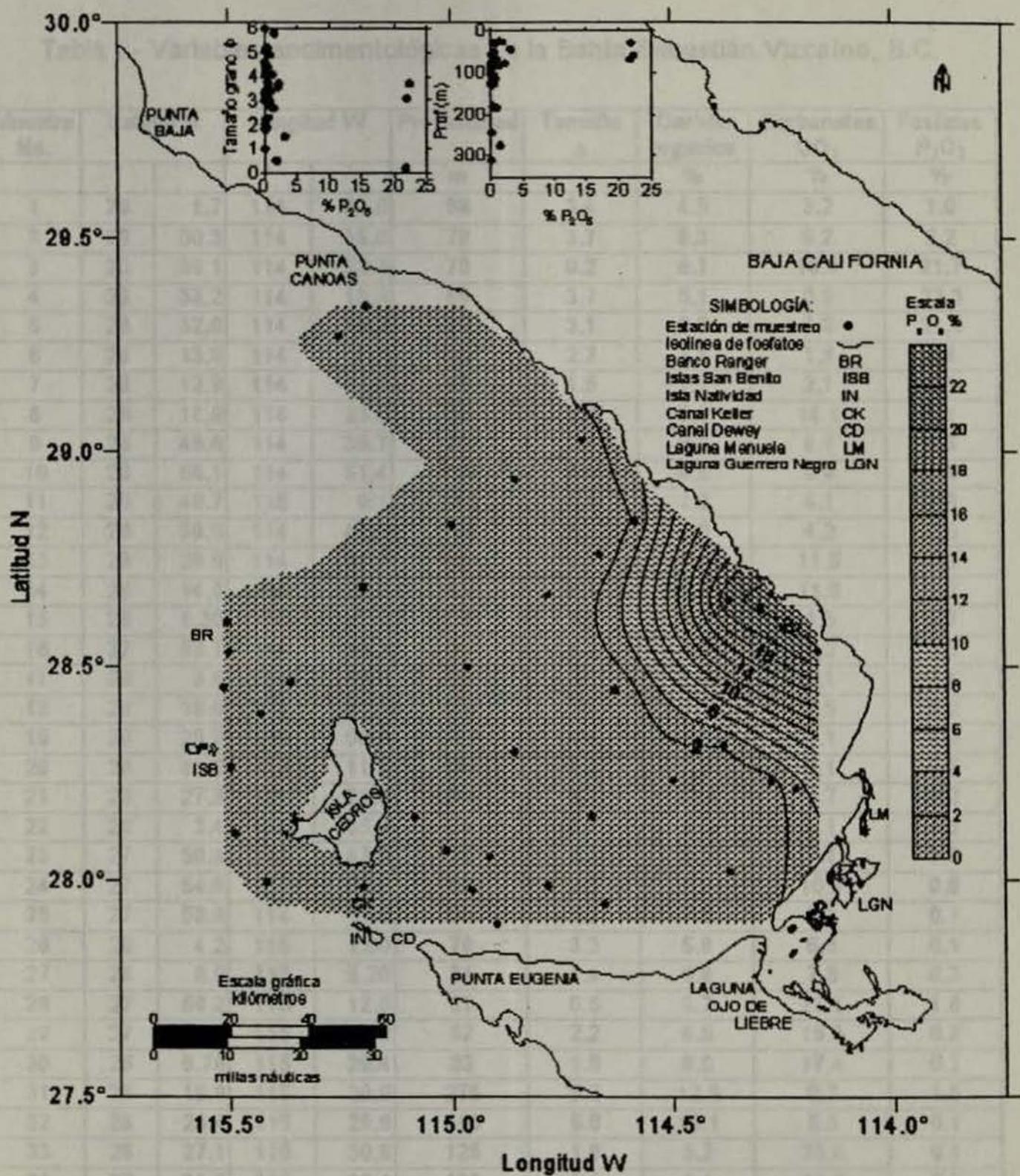


Figura 5.- Distribución de fosfatos en sedimentos de Bahía Sebastián Vizcaino, B.C.

NOTA: El tamaño del símbolo φ = 1φ₂ (diámetro del grano en μm).

Tabla I.- Variables sedimentológicas de la Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C.

Muestra No.	Latitud N		Longitud W		Profundidad m	Tamaño ϕ	Carbón orgánico %	Carbonatos CO ₃ %	Fosfatos P ₂ O ₃ %
	°	'	°	'					
1	29	1.7	114	42.0	68	3.4	4.5	3.2	1.0
2	28	50.3	114	35.0	78	3.7	8.3	9.2	2.2
3	28	39.1	114	22.3	70	0.2	8.1	10.9	21.7
4	28	38.2	114	18.0	60	3.7	5.1	0.9	22.3
5	28	32.0	114	10.2	29	3.1	0.8	0.9	21.9
6	28	13.9	114	16.7	25	2.7	1.8	1.8	1.4
7	28	12.9	114	13.3	45	1.5	1.2	2.1	3.1
8	28	18.9	114	23.0	80	3.6	8.0	14.1	2.1
9	28	45.6	114	39.7	85	3.5	9.8	9.1	0.5
10	28	56.1	114	51.4	186	3.0	4.6	9.9	0.9
11	28	49.7	115	0.1	115	4.9	2.2	4.1	0.8
12	28	39.9	114	47.0	105	3.8	7.3	4.2	0.5
13	28	26.6	114	37.7	100	4.1	6.4	11.5	0.2
14	28	14.0	114	29.9	85	4.1	6.7	11.9	1.2
15	28	1.30	114	22.2	30	2.8	1.2	4.3	0.7
16	27	56.7	114	39.2	28	5.2	3.3	6.2	0.5
17	28	9.0	114	40.9	81	3.1	1.6	2.1	0.4
18	28	18.0	114	51.5	106	3.4	4.2	7.5	0.2
19	28	29.9	114	58.0	127	4.4	7.6	7.1	0.6
20	28	41.0	115	11.9	180	4.2	5.9	6.1	0.5
21	28	27.8	115	21.9	244	5.1	13.4	8.7	0.2
22	28	3.4	114	55.0	79	4.2	3.8	5.1	0.3
23	27	59.3	114	47.0	70	3.1	6.2	7.7	0.6
24	27	54.0	114	54.0	51	2.3	5.2	10.8	0.6
25	27	58.8	114	57.5	65	3.7	7.3	7.3	0.7
26	28	4.2	115	1.00	76	3.3	5.8	6.3	0.1
27	28	8.9	115	5.20	81	4.4	9.9	7.8	0.3
28	27	59.2	115	12.0	27	0.5	5.7	21.4	1.8
29	27	59.9	115	25.2	82	2.2	6.5	15.3	0.2
30	28	6.70	115	29.4	83	1.8	6.0	17.4	0.1
31	28	15.9	115	29.9	275	5.8	12.9	9.7	1.5
32	28	23.4	115	25.9	310	6.0	15.1	8.5	0.1
33	28	27.1	115	30.9	125	1.0	3.2	36.9	0.1
34	28	31.9	115	30.1	130	2.1	4.1	33.8	0.2
35	28	36.0	115	30.4	180	1.9	3.7	35.1	0.4
36	29	16.3	115	15.1	90	4.6	6.2	3.8	0.1
37	29	20.5	115	11.4	57	3.0	2.7	1.4	0.1

NOTA: El tamaño del sedimento $\phi = -\log_2$ (diámetro del grano en mm).

FIN DE ESTE TRABAJO