

MORFOLOGÍA Y SEDIMENTOLOGÍA DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL SUROESTE DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Sergio Pedrin-Avilés* y
Gustavo Padilla-Arredondo*

RESUMEN

Se presenta el análisis de sedimentos superficiales y de la morfología de la plataforma continental del suroeste de la península de Baja California, con datos recolectados en los cruceros de investigación oceanográfica "EP-8907" y "EP-8807" a bordo del B/O "El Puma", del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los resultados permitieron subdividir a esta provincia fisiográfica en tres subregiones: (A) Norte, la cual comprende la plataforma continental de la bahía Sebastián Vizcaino, que es un cuerpo de agua relativamente somero, y una pendiente suave en su mayor parte. (B) Central, que abarca desde el sur de Punta Abreojos hasta las inmediaciones de Cabo San Lázaro; somera y de buena amplitud en su porción central, mientras que en el norte y sur se estrangulan las isóbatas, formando algunas áreas de canales. (C) Sur, la cual comprende de Cabo San Lázaro a Cabo Falso en la porción más austral de la península; es la más angosta de todas, y su mayor anchura se detectó en la porción sudoccidental de la isla Santa Margarita.

En las subregiones Norte y Central se encontró una sedimentación típica de arenas en las porciones más someras de la costa, y lodo arenoso en la central, continuando con sedimentos más finos hacia el talud continental; la materia orgánica particulada en el sedimento para bahía Vizcaino fluctuó entre 0.369 y 2.82%, mientras que en la subregión Central fue entre 0.496 y 3.98%. En relación con el contenido porcentual de materia orgánica, existe una relación directamente proporcional respecto al tamaño de grano, al encontrarse las mayores concentraciones en las partículas más finas, mientras que las menores abundancias se localizan en los sedimentos gruesos.

Para la subregión Sur, se encontró una gradación textural que varía de arena en la cercanía a la costa y areno-limosa a mayor profundidad. Asimismo, en esta área se realizó análisis de carbonatos totales, encontrándose valores de 5 a 35% con las mayores abundancias en sedimentos gruesos; la presencia de éstos se debe probablemente a la cantidad de fragmentos de conchas, en especial de pequeños moluscos, y a la presencia de foraminíferos de tipo calcáreo, entre otros.

Palabras clave: morfología, sedimentos, plataforma continental, península de Baja California, México.

ABSTRACT

An analysis of the surficial sediment and of the morphology of the continental shelf of the southwestern Baja California peninsula is presented, based on data collected during two oceanographic research cruises. This physiographic province is subdivided into three well-delimited regions: (A) The Northern subregion, comprising the continental shelf of Vizcaino bay, with a shallow water body and a smooth slope along much of its length. (B) The Central subregion, extending to the south of Punta Abreojos up to the vicinity of San Lázaro, which is shallow and wide in its central portion but with several channels at its ends. (C) The Southern subregion, from San Lázaro to Cabo Falso, which is the narrowest of all with minimum width off Santa Margarita island.

In the North and Central subregions, a typical sand sedimentation occurs in the shallower portion of the coast and sandy mud was found in the power station area, continuing with finer sediments toward the continental slope. The organic matter particulate in the sediment of the Vizcaino bay ranges between 0.369 and 2.82%, whereas in the Central subregion is between 0.496 and 3.98%. The content of organic matter is directly proportional with the grain size; the larger concentration is found in the finest particles whereas the lower one is in the largest sediments.

A textural gradation was observed in the South subregion that varies from sand, in the proximity to the coast, to oozy sand at depth. In this area, total carbonates range between 5 and 35%, with the higher abundance in the finest sediments. The high percentage of carbonate is probably due to the amount of fragments of shells, especially of small mollusks and to the presence of calcareous foraminifera.

Key words: morphology, sediments, continental shelf, Baja California Peninsula, Mexico.

INTRODUCCIÓN

En las plataformas continentales existe un buen número de recursos naturales, tanto bióticos como abióticos (renovables

y no renovables) de los cuales, para ser explorados y evaluados, es necesario determinar las características generales, tales como rasgos topográficos, tipos de corrientes que las afectan, estructuras sedimentarias más importantes, además de la naturaleza, composición y distribución de los sedimentos.

Según Emery (1970), las plataformas continentales al nivel mundial comprenden un área aproximada de 27 millones de

*Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Unidad Guaymas, Dpto. de Manejo de Zona Costera, Km. 2.35, Camino al Tular, Estero de Bacochibampo; A.P. 349, C.P. 85465, Guaymas, Sonora, México.

kilómetros cuadrados que, en conjunto con los taludes continentales y pies de continente proximal, suman alrededor de un 15% del total de la superficie terrestre. Éstas sólo comprenden o abarcan aproximadamente el 7.5% del total del área de los océanos, que es equivalente al 18% del área total de la Tierra.

Boillot (1984) define a la plataforma continental como una región que bordea a las tierras emergidas y que se extiende levemente al interior del océano, con amplitudes relativamente anchas, de 70 a 80 km en promedio, con profundidades que varían entre 0 y 130 ó 180 m.

En las plataformas, existen distintos ambientes de energía, y en cada uno de ellos hay diferentes tipos de depósito. Selley (1976, 1988) considera que, abajo del nivel base de las olas, predomina un medio de baja energía, lo que permite el depósito de sedimentos finos, predominantemente limosos y arcillosos. Además, sugiere que donde el nivel base de las olas corta el fondo marino, se pueden depositar arenas limpias. Según este mismo autor, en ciertas regiones que se asocian con la plataforma se tiene medios de baja energía, donde existen sedimentos de tipo arcilloso y evaporítico. Tales ambientes, por lo común, están localizados en áreas de lagunas y de planicies de marea, respectivamente.

Shepard (1932, 1937, 1954), Emery (1967) y Kulm y colaboradores (1975), entre otros, proponen que la distribución de los sedimentos sobre la plataforma continental de California y Oregon, E.U.A., se deba, generalmente, a las corrientes de fondo, exposición a las grandes olas, proximidad a las desembocaduras de los ríos y lagunas, abundancia de organismos calcáreos y a la presencia de sedimentos relictos.

Lankford (1976), al reconocer tres de los eventos más relevantes en la formación de los rasgos costeros al nivel mundial, considera que el segundo evento está relacionado con el máximo de la etapa de glaciación Wisconsin (aproximadamente 18,000 años A.P.), cuando el nivel del mar descendió aproximadamente 130 m del nivel actual. Durante este período, la plataforma continental de Baja California estuvo expuesta a procesos de denudación. Como resultado, valles y cañones fueron labrados, la sedimentación fluvial se desarrolló en meandros y deltas y se produjeron zonas de suelo, promontorios topográficos y otros rasgos morfobatimétricos (Pedrín-Avilés *et al.*, 1990).

Los procesos de erosión y de acumulación que actúan sobre la plataforma, por lo general, ocurren simultáneamente, con intensidades que varían localmente. En relación con la sedimentación que se presenta en la plataforma continental de California, Emery (1965) señala el comportamiento de los sedimentos a lo largo y ancho de la misma, proponiendo que los sedimentos detríticos disminuyen de tamaño mar adentro, aumentando su diámetro en el borde externo, debido a la concentración de minerales autigénicos, biogénicos y relictos.

Trask (1939) explica la abundancia de vida en la plataforma continental por surgencias de las aguas del fondo a lo largo de las laderas y paredes del talud continental (*slope*) en la parte exterior de la plataforma. Por tanto, la configuración del piso

marino siempre será importante para el establecimiento de diversas comunidades biológico-pesqueras. El mismo Trask (*op. cit.*) realizó estudios de materia orgánica en sedimentos recientes que revelan un contenido promedio de materia orgánica de 2.5% para sedimentos terrígenos (cerca de la costa), y de únicamente el 1% para sedimentos abisales. En los sedimentos de la plataforma continental, Trask encontró valores entre 2 y 3% de materia orgánica, aunque altos valores, desde 5 hasta 10%, prevalecen en los sedimentos de grano fino depositados en partes bajas locales (*downwarps*), en la superficie de la plataforma y sobre la pendiente o talud continental.

Son notoriamente escasos, en particular, los estudios que tratan aspectos sedimentológicos en la plataforma continental del occidente, en las cercanías del área de la presente investigación en la zona costera. Emery y colaboradores (1957) estudiaron los sedimentos de más de 1,350 muestras en las bahías de Sebastián Vizcaino, San Cristóbal y Todos Santos en la costa occidental de la península de Baja California, encontrando que guardan las mismas características climáticas y que se encuentran circundadas por áreas de fuentes rocosas muy parecidas. Sin embargo, los sedimentos de estas bahías difieren en textura muy ligeramente entre sí, indicando la gran importancia de los detalles topográficos en el control de los tipos y distribución de los mismos. Los autores también establecieron que probablemente la naturaleza de los sedimentos que componen cada bahía, y otras partes de la plataforma continental, dependen fundamentalmente del aporte y la demanda, que estarán en función de los procesos de depósito y de erosión, respectivamente. Los sedimentos detríticos tienden a ser acarreados al mar por corrientes, con menor influencia de la que produce la erosión de las olas en los cantiles marinos por vientos y otros agentes. El volumen de sedimentos (demanda) está en función de la tasa con la cual el sedimento es distribuido hacia afuera de la costa a su depósito final y, por consiguiente, la demanda está en función de la capacidad de transporte; además, se regirán por las condiciones oceanográficas reinantes en cada área.

Se reconoce a D'Anglejan (1965, 1967) como el primer investigador que tomó muestras de sedimento en la plataforma continental frente a la bahía San Juanico (Figura 1), enfocado principalmente a estudios de la fosforita en sus aspectos químicos, mineralógicos y petrográficos. Las fosforitas fueron estudiadas por difracción de rayos X y del contenido de apatita en los sedimentos. La apatita se presenta en los sedimentos en concentraciones que varían entre 2 y 40% en peso del total en la plataforma. El autor encontró que las altas concentraciones están en la región marginal de las playas de barrera, dunas y lagunas costeras, además de regiones que se extienden fuera de la costa a profundidades de alrededor de los 100 m. También muestra que la presencia de apatita en este lugar no es el resultado de la precipitación directa del agua marina, aunque es un reemplazo diagenético de material sólido, preferentemente rico en carbonatos que se presentan en una discordancia erosional sobre rocas del Mioceno medio.

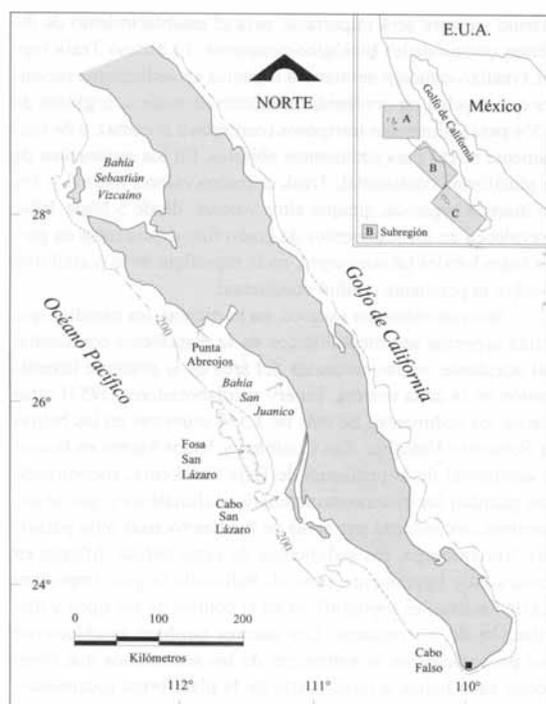


Figura 1. Localización del área de estudio.

Araujo-Mendieta (1989) efectuó un estudio acerca de los ambientes sedimentarios recientes en el área de la bahía de Ballenas y la laguna San Ignacio, en Baja California Sur, con énfasis en las facies evaporíticas de la cuenca San Ignacio-Balleñas.

Solleiro-Rebolledo y colaboradores (1989) realizaron un estudio de los sedimentos superficiales en el área de la plataforma continental de San Antonio del Mar, Baja California, donde detectaron zonas con valores altos en hierro y titanio en los sedimentos de tamaño fino.

En una prospección preliminar de la plataforma continental occidental de Baja California Sur, Pedrín-Avilés y Padilla-Arredondo (1993) encontraron una gradación de sedimentos de la costa al talud, que varía desde arenas hasta limos finos con alternancia de lentes arenosos, y detectaron que bahía Magdalena, al sur del área de estudio, actúa como una trampa sedimentaria, la cual aporta sedimentos y materia orgánica a la plataforma interior del occidente. Carranza-Edwards y colaboradores (1998) estudiaron las playas arenosas del oeste de la península de Baja California, encontrando altos índices de madurez, por transporte, en el litoral adyacente al área de estudio.

La presente investigación se incluye dentro del programa de prospección y evaluación de los recursos naturales marinos más abundantes en el Pacífico mexicano; particularmente, en la costa occidental de la península de Baja California, el Cen-

tro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR), obtuvo información sobre el estado actual de los recursos marinos y su relación y aplicación con algunos parámetros abióticos del medio ambiente de la plataforma y parte del talud continentales. Lo anterior se logró mediante campañas oceanográficas para muestrear las provincias sedimentarias sistemáticamente.

ÁREA DE ESTUDIO

La plataforma continental del suroeste de la península de Baja California ha sido clasificada en tres subregiones: Norte (A), Central (B) y Sur (C). La Norte comprende la bahía Sebastián Vizcaino, de 2,724 km², aproximadamente; la Central abarca desde el sur de Punta Abrejos hasta Cabo San Lázaro, con 11,324 km² estudiados; y la Sur, que comprende de Cabo San Lázaro a Cabo Falso, en el extremo más austral de la Península, con 1,250 km², aproximadamente. En concreto, el área de estudio se localiza en el Océano Pacífico, frente a las costas del suroeste de la península de Baja California (Figura 1).

FISIOGRAFÍA

Lugo-Hubp (1990) sintetizó los relieves de México, con base en el análisis de otros trabajos, sobre todo adaptando el de INEGI (Morán-Zenteno, 1984), clasificándolo en grandes provincias fisiográficas, de tal forma que el área de estudio del presente trabajo queda comprendida en la "Margen Submarina de Baja California". El mismo autor reconoce a la plataforma continental en los tres tipos siguientes: (1) estrecha, (2) ancha y (3) intermedia.

Ortiz-Pérez y Espinosa-Rodríguez (1991) elaboraron una nueva clasificación geomorfológica de las costas de México, con bases morfogenéticas, reconociendo cinco de éstas, así como 11 subtipos caracterizados por sus rasgos morfológicos.

La fisiografía de la porción continental de mayor influencia hacia la zona de la plataforma continental estudiada, comprende fundamentalmente a la provincia fisiográfica de Sierras de Baja California (Álvarez, 1961), la cual está formada por montañas complejas constituidas por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas; asimismo, Raisz (1959) la clasifica en la provincia fisiográfica de Baja California, donde más específicamente (López-Ramos, 1985) la subregión Norte estudiada corresponde al Desierto de Sebastián Vizcaino, mientras que las subregiones Central y Sur corresponden a la porción occidental de la subprovincia Tierras Bajas o Llanos de Magdalena (Figura 2).

Los sistemas fluviales en las subregiones son incipientes, a pesar de la cantidad de sedimentos que es drenada por la vertiente del Pacífico, que aporta sedimentos terrígenos con una granulometría variada, siendo notables los procedentes de la llanura costera Magdalena-Santo Domingo, que se encuentra constituida por depósitos de aluvión, médano, salitral y terra-

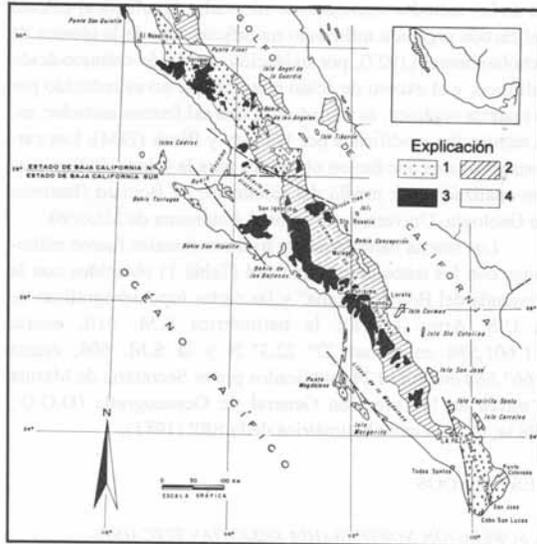


Figura 2. Bosquejo geológico del suroeste de la península de Baja California (modificado de Demant, 1975). 1, Intrusiones (granito, diorita, gabro) con rocas metamórficas asociadas (esquisto, gneis); en la península de Vizcaíno, cabo San Lázaro e isla Margarita: rocas del complejo ofiolítico (basalto toleítico y roca verde). 2, Rocas vulcanosedimentarias continentales del Mioceno (Grupo Comondú, Cinturón volcánico peninsular. 3, Vulcanismo pliocénico-cuaternario. 4, Desierto del Vizcaíno y llanos de la Magdalena (planicie costera): aluvión, médanos, salitrales.

zas marinas del Cuaternario; y los de la zona montañosa, formada por rocas ígneas del Cenozoico superior, sedimentarias del Cenozoico y sedimentarias y metamórficas del Mesozoico (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992).

GEOLOGÍA

Entre los estudios de geología regional en las cercanías del área de influencia, están los realizados por Darton (1921), Beal (1948), Mina-Uhink (1957), Atwater (1970), Gastil y colaboradores (1975, 1976), Lozano-Romen (1975), Demant (1975), Aguayo-Camargo (1981). Coney (1983) realizó un modelo tectónico de México y determinó sus relaciones geológicas con América del Norte, América del Sur y el Caribe. Sawlan y Smith (1984), Hausback (1984) y Gaitán-Morán (1986) estudiaron los procesos volcánicos y tectónicos del Cenozoico. También, existen otros estudios, tales como el de Ojeda (1963), relacionado con yacimientos minerales, y el de Smith (1977), sobre un lineamiento tectónico. Entre las investigaciones de geología marina, destaca la de Krause (1965), quien describe el *borderland* continental en sus aspectos tectónicos, batimétricos y geo-

magnéticos del oeste de Baja California; Doyle y Bandy (1972) estudiaron el *borderland* continental sudoccidental de Baja California, incluyendo su desarrollo ambiental y marco tectónico; Carranza-Edwards y colaboradores (1975) realizaron una clasificación de las unidades costeras de la República Mexicana, zonificando el área de estudio presente en la margen occidental de Baja California; Crouch (1979, 1981) y Calderón-Riveroll (1977) efectuaron estudios sísmicos en la porción occidental de Baja California, determinando anomalías magnéticas; Shepard (1977) caracterizó batimétricamente a los cañones submarinos de Cabo San Lucas; Yeats y colaboradores (1981) efectuaron perforaciones fuera de la costa de la península de Baja California (DSDP leg 63), y detectaron el abanico submarino de Magdalena, analizando sus implicaciones neotectónicas; Moore y Curray (1982) estudiaron la historia geológica y tectónica del Golfo de California, así como del suroeste de Baja California sur; Curray y Moore (1982) estudiaron la historia geológica y tectónica del margen continental pasivo en el extremo meridional de la península de Baja California; por último, Malpica-Cruz y Celis-Gutiérrez (1984a, b) estudiaron los sedimentos cuaternarios y terrazas marinas de diferentes elevaciones en las cercanías de San Juanico.

MÉTODO DE ESTUDIO

En el presente trabajo se analizó 42 muestras de sedimentos superficiales de dos cruceros oceanográficos denominados EP-8907 y EP-8807 (EP, es la clave del crucero Exploración del Pacífico), celebrados en julio de 1989 y julio de 1988, a bordo del buque oceanográfico "El Puma" del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México. En la subregión Norte, en la bahía Sebastián Vizcaíno, del EP-8907 fueron 13 muestras; para la subregión Central, de Punta Abreojos a Cabo San Lázaro, un total de 17 muestras, correspondiendo 12 al EP-8907 y cinco al EP-8807; mientras que para la subregión Sur, de Cabo San Lázaro a Cabo Falso, un total de 12 del EP-8807 (Tabla 1).

Las campañas oceanográficas contaron con estaciones de arrastre biológico-pesquero previamente seleccionadas; al inicio y final de éste, tuvo lugar el muestreo de sedimentos con draga y, con base en el análisis del tipo de fondo, se llevó a efecto el mencionado arrastre; en su defecto, se decidió por otra estación más adecuada.

Las estaciones fueron ubicadas con base en coordenadas geográficas con apoyo de satélite y radar, mientras que las profundidades se determinaron por medio de ecosonda. También fue de gran utilidad el sonar de tipo SIMRAD del mismo laboratorio, el cual mostraba algunos rasgos fisiográficos del fondo marino en los ecogramas obtenidos; asimismo, en ocasiones se utilizó el perfilador sísmico superficial EDO-Western con frecuencia de 3.5, 7.0 y 40 kHz, con una potencia variable de 0 a 10 kW, por medio del cual se observó los rasgos morfobatimétricos y datos biológico-pesqueros, además de características sedimentarias del fondo marino.

Tabla 1. Posición y profundidad de las estaciones de muestreo en la plataforma continental del SW de la península de Baja California, crucesos EP-8907 y EP-8807.

Estación	Latitud (N)	Longitud (W)	Prof. (m)
Subregión Norte			
01	28°50'006"	115°24'007"	850.0
02	28°47'039"	114°34'036"	85.0
03	28°40'006"	114°25'015"	80.0
04	28°39'053"	114°44'043"	103.0
05	28°34'008"	115°03'003"	147.0
06	28°29'018"	114°37'006"	102.0
07	28°30'000"	114°40'000"	88.0
08	28°14'009"	114°40'029"	100.0
09	28°09'043"	114°58'047"	97.0
10	28°07'041"	115°00'040"	85.0
11	28°08'022"	114°34'022"	85.0
12	27°56'042"	114°28'010"	32.0
13	27°59'007"	115°01'004"	65.0
Subregión Central			
14	26°18'040"	113°25'036"	85.0
15	26°17'053"	112°56'048"	63.0
16	26°09'005"	112°34'007"	63.0
17	26°01'017"	112°36'009"	70.0
18	26°07'003"	112°51'009"	84.0
19	25°03'029"	113°13'047"	140.0
20	25°53'007"	112°58'032"	123.0
21	25°38'041"	113°01'010"	223.0
22	25°40'007"	112°33'054"	91.0
23	25°37'055"	112°24'004"	83.0
24	25°28'008"	112°14'009"	56.0
25	25°27'050"	112°11'31"	30.0
28	26°00'24"	112°32'18"	157.0
30	25°12'10"	112°16'26"	57.0
31	25°11'31"	112°34'77"	100.0
32	25°09'90"	112°34'72"	200.0
33	25°08'60"	112°33'30"	200.0
Subregión Sur			
35	22°53'03"	110°52'02"	100.0
36	23°30'09"	110°36'39"	92.0
37	24°16'02"	111°32'60"	92.0
38	24°15'06"	111°34'26"	130.0
39	24°12'13"	111°33'06"	170.0
40	24°09'46"	111°05'85"	137.0
41	24°11'52"	111°59'29"	165.0
42	24°15'03"	111°50'08"	95.0
43	24°14'03"	111°49'87"	95.0
44	24°17'27"	111°52'05"	100.0
45	24°19'15"	111°54'51"	105.0
46	24°20'06"	111°47'42"	50.0

Para la realización del estudio sedimentológico, primeramente se recolectó los sedimentos superficiales mediante dragas de almeja tipo Van Veen y Smith-McIntyre, esta última considerada de las más eficientes por sus mecanismos de atrapamiento, además de que prácticamente no altera el sedimento. Esta draga, por lo general, captura un volumen de sedimento considerable, aun en fondos o sustratos algo compactos de un área superficial de aproximadamente 30 cm². En el laboratorio se realizó el análisis granulométrico siguiendo las técnicas tradicionales usadas en oceanografía y reportadas por Krumbein (1932, 1934), Folk y Ward (1957), Folk (1965, 1966, 1969), Pettijohn y colaboradores (1972) y Pettijohn (1975).

La materia orgánica se calculó por medio de la técnica de Schollenberger (1927), la cual fue modificada por Walkley y Black (1934). Para la determinación de la materia orgánica, se calculó el nitrógeno orgánico o el carbono orgánico. La mayoría de los métodos comúnmente adoptados involucra el cálculo del carbón orgánico utilizando modificaciones de la técnica de Schollenberger (1927), por oxidación con ácido crómico-ácido sulfúrico, y el exceso de ácido crómico que no es reducido por la materia orgánica, es titulado con una sal ferrosa estándar; esta técnica fue modificada por Walkley y Black (1934). Los carbonatos totales que fueron obtenidos para la subregión Sur, fueron analizados por medio del calcímetro de Bernard (Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México).

Los mapas batimétricos y tridimensionales fueron elaborados con los datos de profundidad (Tabla 1) obtenidos con la ecosonda del B/O "El Puma" y las cartas topohidrográficas de la U.S. Army (1978); la batimétrica S.M. 010, escala 1:1'601,538 en latitud 27° 22.5' N y la S.M. 604, escala 1:667,680 en latitud 24, publicados por la Secretaría de Marina a través de la Dirección General de Oceanografía (D.G.O., 1983a, b); y la carta batimétrica de la SPP (1981).

RESULTADOS

A. SUBREGIÓN NORTE (BAHÍA SEBASTIÁN VIZCAÍNO)

Morfología

En la subregión Norte, que está junto a la franja costera de bahía de Sebastián Vizcaíno, se presenta una planicie típica del desierto, constituida por sedimentos aluviales, médanos y salitrales; asimismo, se han desarrollado desde las notorias salientes rocosas denominadas Punta Blanca, Punta María, hasta Punta Eugenia, formando pequeños valles aluviales. En la porción meridional, existen terrenos metamórficos prominentes, ofiolitas, parcialmente está protegida por las islas de Cedros, Natividad y el pequeño complejo insular de las San Benito, constituidas por terrenos tectonoestratigráficos (Figura 3).

En esta subregión (A), se delimitó el talud continental (Figura 3). Estos contornos muestran que la parte central de la bahía es una superficie casi plana, ligeramente cóncava, de regular anchura, con una pendiente promedio < 1°. Esta área es una extensión del Desierto de Vizcaíno, el cual estuvo alguna vez cubierto por el mar, tal como es documentado por la presencia de terrazas marinas y por playas elevadas, las cuales son evidencias que favorecen una separación antigua anterior de la Sierra de Vizcaíno localizada en la margen continental de la península (Gentry, 1950).

La presencia de las lagunas costeras de características someras y de poca amplitud, tales como Ojo de Liebre, conocida también como Scammon, Guerrero Negro, denominada también San Miguel, y Manuela (Figura 3), ubicadas en la porción sudoccidental de la actual línea de costa, sugieren que la zona de planicie fue formada principalmente por repetidas invasiones

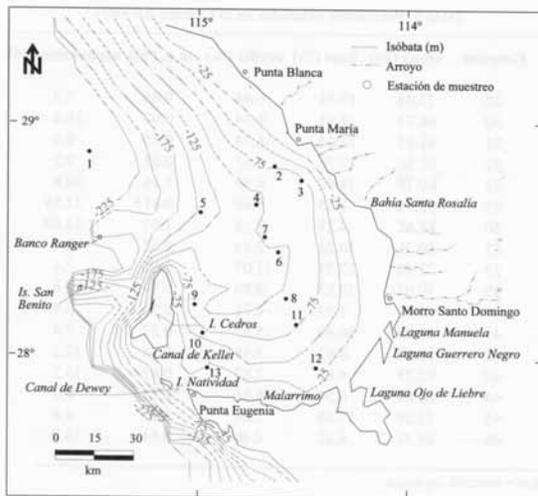


Figura 3. Batimetría de la subregión Norte.

que rellenaron esas pequeñas depresiones topográficas costeras, dando origen a esas lagunas localizadas entre playas de baja altitud y de composición arenosa.

Las playas también se extienden a lo largo de gran parte de la línea de costa más septentrional, como ocurre en la bahía de Santa Rosalía (Figura 3); la excepción se presenta en las costas acantiladas más al norte de esa bahía y del sur del área de estudio, como sucede en Punta Eugenia y Malarrimo, así como en los márgenes de isla de Cedros.

Para esta subregión, se elaboró un mapa tridimensional, donde se aprecia la topografía submarina del área con aparente escasez de accidentes fisiográficos notables, hasta las discontinuidades de las islas de Cedros y San Benito (Figura 4).

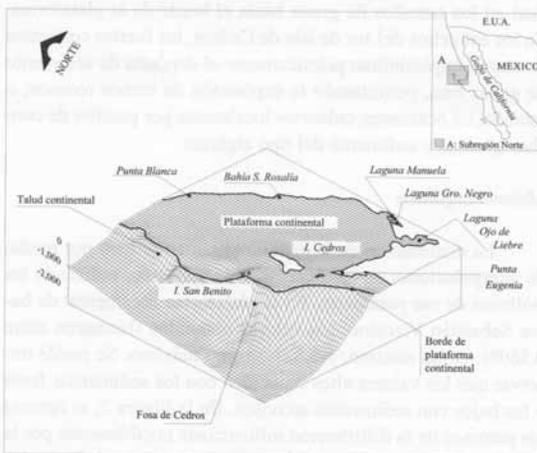


Figura 4. Mapa tridimensional de la subregión Norte, que muestra los principales rasgos morfobatimétricos.

La profundidad máxima registrada durante el cruce efectuado ocurrió en la estación 1 y fue de 850 m, en las coordenadas $28^{\circ}50'06''N$ y $115^{\circ}24'07''W$, en la región del talud continental.

Constituyendo los límites del suroeste de la bahía, están las montañas de isla de Cedros, con una elevación máxima en su parte centromeridional de 1,250 m, y al sureste de ella isla Natividad, de sólo unos 5 km de longitud. Estas islas están separadas una de otra de Punta Eugenia, desde el macizo peninsular, por dos estrechos, que Emery y colaboradores (1957) denominaron por primera vez, en honor a estos investigadores, estrechos de Kellet y de Dewey, respectivamente. El estrecho de Kellet presenta una anchura de 15 km de longitud y una profundidad de 45 m, aproximadamente. Emery reporta una terraza submarina de 20 m, aproximadamente, de la cual concluyó que se extiende desde el sur de la isla de Cedros. Hacia el noroeste de Cedros, cerca del quiebre de plataforma, están ubicadas tres pequeñas islas conocidas como San Benito (Figura 3), mientras que al norte de ellas está el Banco Ranger, constituido por depósitos de fosfatos (Emery, 1948, *in* Emery *et al.*, 1957). Al norte y este del Banco Ranger, en las cercanías del quiebre de la plataforma, en las proximidades de la latitud $28^{\circ}30'$, termina el área central más amplia y casi plana de la bahía de Sebastián Vizcaino, a profundidades que varían entre los 200 y 250 m (véase Figura 3). En dirección de las profundidades marinas del rompimiento o quiebre de la plataforma, la pendiente continental descendiendo a profundidades tan grandes que rebasan los 4,000 m, consignados anteriormente (Shepard, 1950); esto es, en las cercanías de la fosa de Cedros.

Textura

Para observar su tendencia en composición, todas las muestras de sedimento fueron introducidas al diagrama ternario de Folk (1954, *in* Royse, 1970), y con ello fue posible obtener la clasificación textural para las tres subregiones (Figura 5). Del total de 42 muestras de sedimento analizadas, 10 correspondieron a arena limosa, cuatro a arena, 16 a arena lodosa, dos a arena arcillosa, tres a lodo arenoso y siete a limo arenoso (Tablas 2-4).

En la bahía de Sebastián Vizcaino, correspondiente a la subregión Norte, la distribución de las facies de sedimento superficial se caracteriza por sedimentos arenosos en la cercanía de la costa, y sedimentos limoarenosos a mayores profundidades. El cambio gradual de la textura hacia mayor profundidad se aprecia en las estaciones 5, 9 y 10.

Los análisis texturales del sedimento están basados en 13 muestras tratadas por los métodos de tamiz para la fracción gruesa, y de la pipeta para la fracción fina; alrededor de 15 valores fueron tomados de las claves que aparecen en la carta Secretaría de Marina (SM-05). El trazo de las isolíneas del Mz (tamaño gráfico promedio), permitió construir la Figura 6, que muestra los tipos de sedimento por tamaño de grano, destacando una clara subdivisión de éstos. Para esta zona de estudio, en

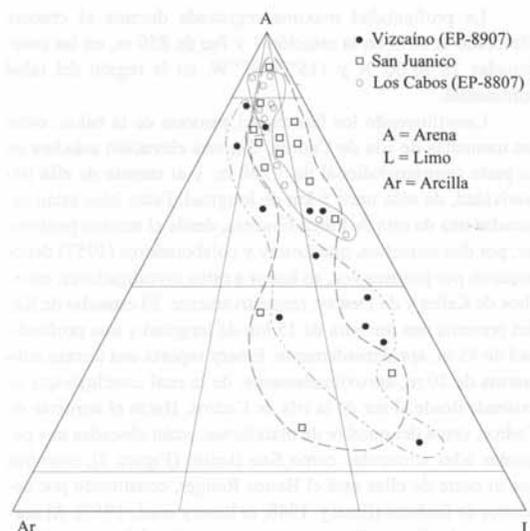


Figura 5. Triángulo de Folk (1954, in Royse, 1970), donde se muestra los diferentes campos texturales de las tres subregiones estudiadas.

su margen litoral, y en concordancia con investigaciones anteriores de Phleger (1962, 1965, 1969), se puede mencionar que existen unidades de dunas, playas, terrazas marinas y playas elevadas (*beach ridges*), mientras que en este estudio se ubican rasgos geomórficos cercanos a la costa, tales como las lagunas costeras, zonas de bahía y salientes o puntas rocosas, una uni-

Tabla 2. Parámetros obtenidos en el Crucero EP-8907.

Estación	arena (%)	limo (%)	arcilla (%)	m.o (%)
01	48.31	41.56	10.12	1.23
02	42.31	44.41	13.26	2.07
03	62.42	25.39	12.18	2.43
04	39.40	49.07	11.52	2.64
05	16.78	68.31	14.89	1.95
06	65.49	27.61	6.89	2.79
07	62.62	28.00	9.37	2.82
08	83.56	8.33	8.10	1.56
09	43.81	30.01	26.16	2.52
10	54.31	30.84	14.84	2.05
11	88.40	3.49	8.10	0.36
12	65.13	16.81	18.05	1.42
13	74.34	7.01	18.64	1.50
14	79.26	8.35	12.38	1.57
15	45.06	26.90	28.03	2.01
16	71.02	15.45	13.51	1.60
17	77.06	15.13	7.79	2.29
18	77.32	18.30	9.37	2.92
19	76.99	14.00	9.00	1.30
21	19.84	47.71	32.44	3.98
22	93.05	4.20	2.74	1.29
23	89.12	4.70	6.17	1.03
24	34.39	51.55	14.05	1.38
25	83.88	7.31	8.80	0.82

m.o.= materia orgánica

Tabla 3. Parámetros obtenidos en el Crucero EP-8807.

Estación	arena (%)	limo (%)	arcilla (%)	m.o. (%)	carbonatos (%)
28	75.44	17.61	6.94	0.44	7.0
30	68.74	22.91	8.34	0.93	10.4
31	81.91	12.34	5.74	0.55	9.4
32	65.56	27.76	6.67	0.81	9.2
33	60.70	32.60	6.69	1.18	10.8
35	92.94	1.55	5.49	0.413	33.56
36	88.62	4.23	7.14	1.07	33.60
37	60.21	30.24	9.53	0.62	8.4
38	71.40	17.52	11.07	0.52	7.4
39	70.05	20.03	9.90	0.59	7.6
40	91.89	3.39	4.71	0.31	6.4
41	58.03	36.40	5.55	0.57	7.4
42	89.42	6.62	3.95	0.65	12.2
43	92.23	4.89	2.87	0.67	13.2
44	86.84	6.54	6.61	0.77	9.0
45	75.29	17.66	7.04	1.2	4.8
46	89.37	6.22	4.40	0.64	10.2

m.o.= materia orgánica

dad de bahía central casi plana y estrechos o canales en las partes terminales de esta bahía, hacia el mar profundo.

Las dunas están presentes únicamente en el macizo peninsular, y prácticamente consisten de grano fino y arena bien clasificada (Emery *et al.*, 1957), o de material igual de playa de las cuales se derivan. Las arenas de playa a lo largo del macizo peninsular son de grano fino y bien clasificadas (Emery *et al.*, *op. cit.*), y no como las que están en el lado de las laderas de sotavento de isla de Cedros (este), pues aquí presentan un contenido bajo de fragmentos de conchas y tienen gran exposición a la acción de las olas. Los sedimentos muy cercanos a la costa constituyen un cinturón o banda de unos 5 km de amplitud, como si fuera una zona de transición entre los sedimentos de la playa y los de la bahía central casi plana. Hacia el interior de la bahía central, los sedimentos presentan un decrecimiento gradual en los tamaños de grano hacia el borde de la plataforma. En los estrechos del sur de isla de Cedros, las fuertes corrientes de marea imposibilitan prácticamente el depósito de sedimento de grano fino, permitiendo la exposición de lechos rocosos, o estando, en ocasiones, cubiertos localmente por parches de conchas gruesas y sedimento del tipo algáceo.

Materia orgánica

La distribución de la materia orgánica se hizo por medio de interpolaciones en las estaciones de muestreo, utilizando las isolíneas de ese parámetro. En la plataforma continental de bahía Sebastián Vizcaíno, los valores obtenidos fluctuaron entre 0.369%, como mínimo, y 2.82%, como máximo. Se puede observar que los valores altos coinciden con los sedimentos finos y los bajos con sedimentos arenosos. En la Figura 7, se aprecia los patrones de la distribución influenciada notablemente por la cercanía de la costa, su morfología y tamaño textural. En los lugares de hondonadas submarinas (estaciones 9 y 10; 6 y 7), se aprecia la tendencia a aumentar la concentración de materia or-

Tabla 4. Parámetros estadísticos de las estaciones de muestreo.

Estación	Promedio	Desv. Est.	Sesgo	Curtosis
01	4.650	2.067	0.293	2.164
02	4.860	2.217	0.260	1.752
03	4.303	3.005	0.126	0.828
04	4.895	1.666	0.342	1.985
05	5.585	1.873	0.300	1.546
06	4.590	1.582	0.460	3.434
07	3.989	2.314	0.517	1.143
08	3.499	1.706	0.082	8.149
09	5.502	1.984	0.480	1.182
10	5.160	1.856	0.603	1.427
11	3.477	1.185	0.123	4.879
12	5.192	2.007	0.584	2.178
13	5.169	2.070	0.573	4.912
14	3.131	2.037	0.364	2.036
15	5.350	2.416	0.235	0.985
16	2.300	3.661	0.534	0.405
17	2.906	2.323	0.186	1.548
18	3.944	1.770	0.260	2.859
19	4.169	2.241	0.125	6.698
21	6.122	2.312	-0.155	1.100
22	2.660	1.144	0.214	2.749
23	3.402	1.169	0.158	4.163
24	5.209	1.927	0.209	1.788
25	3.454	1.376	0.060	3.842
28	4.023	0.977	0.420	4.561
30	3.851	1.399	0.260	5.333
31	3.849	0.981	0.288	3.007
32	4.133	1.042	0.433	6.135
33	4.145	1.049	0.419	5.456
35	2.951	1.202	0.416	2.052
36	1.208	2.194	0.439	2.048
37	4.175	1.090	0.435	5.394
38	4.218	1.175	0.487	7.655
39	4.093	1.063	0.440	7.797
40	3.762	0.624	0.284	5.127
41	4.107	0.972	0.389	6.100
42	3.462	1.054	-0.031	3.837
43	3.549	0.794	-0.108	9.218
44	3.542	1.116	0.135	2.074
45	4.060	1.025	0.438	3.670
46	3.159	1.037	0.458	3.771

gánica para, posteriormente, disminuir paulatinamente en las cercanías de la costa de isla de Cedros y Punta Eugenia, por ejemplo.

B. SUBREGIÓN CENTRAL (PUNTA ABREJOS-CABO SAN LÁZARO)

Morfología

La subregión Central, en su área costera adyacente, se caracteriza por un dominio de puntas rocosas, tales como Punta San Juanico, Santo Domingo, rematando en la región del Cabo San Lázaro, las cuales se proyectan del continente hacia el mar en forma de ganchos o salientes rocosas. En medio de estas puntas, se han formado algunos rasgos geomorfológicos importantes tales como las lagunas costeras, esteros y canales; mientras que más al sur, se ha formado lo que viene constituyendo el

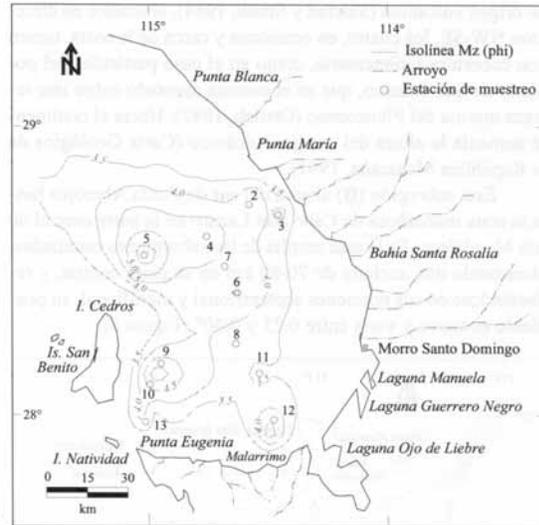


Figura 6. Distribución del tamaño gráfico promedio (Mz) de los sedimentos para la subregión Norte. El Mz está expresado en unidades phi.

complejo lagunar de Magdalena-Almejas, con depósitos de playas de barrera, y donde es común localizar cordones litorales y extensas barreras arenosas, orientadas de norte a sur, seguramente por la persistencia del viento del noroeste.

Las salientes rocosas de la porción septentrional de esta subregión son de baja altitud y no rebasan los 50 m (San Juanico y Santo Domingo) y están constituidas por cuerpos rocosos

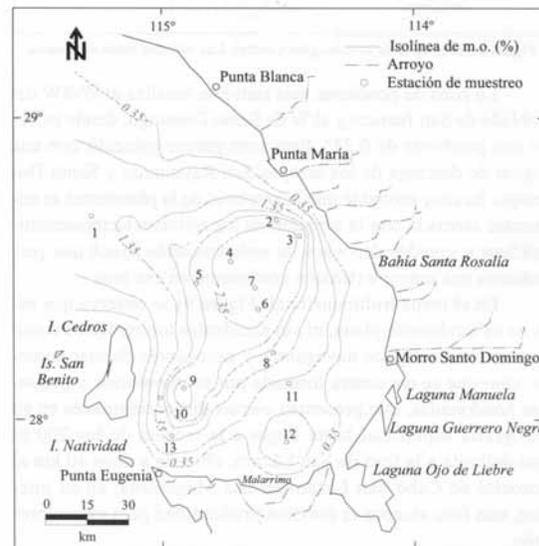


Figura 7. Distribución de materia orgánica (%) en los sedimentos superficiales de la subregión Norte.

de origen volcánico (Sawlan y Smith, 1984), alineados en dirección NW-SE, los cuales, en ocasiones y cerca de la costa, tienen una cobertura sedimentaria, como en el caso particular del poblado de San Juanico, que se encuentra asentado sobre una terraza marina del Pleistoceno (Ortlieb, 1987). Hacia el continente aumenta la altura del cuerpo volcánico (Carta Geológica de la República Mexicana, 1991).

Esta subregión (B) abarca del sur de Punta Abreojos hasta la zona montañosa de Cabo San Lázaro en la parte central de isla Magdalena. Es la más amplia de las subregiones estudiadas, alcanzando una anchura de 70-80 km en su parte central, y reduciéndose en sus porciones septentrional y meridional, su pendiente es suave y varía entre 0.23 y 0.40° (Figura 8).

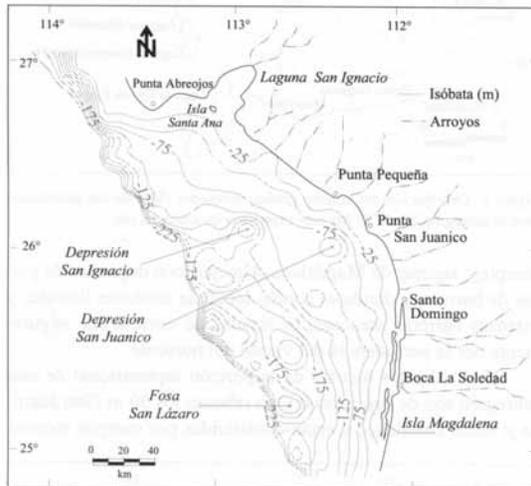


Figura 8. Batimetría de la subregión Central. Las isóbatas están en metros.

La zona de pendiente más suave se localiza al W-SW del poblado de San Juanico y al W de Santo Domingo, donde se tiene una pendiente de 0.23° . Esta zona parece coincidir con una región de descarga de los arroyos San Raymundo y Santo Domingo. Es muy probable que la amplitud de la plataforma se encuentre asociada con la acreción de los terrenos tectonoestratigráficos y grandes depósitos de sedimentación *flysch* que permitieron una mayor extensión continental en esa área.

En el mapa tridimensional (Figura 9) se observa que ésta no es totalmente plana, ni sin accidentes topográficos como lo pensaban antiguos navegantes y pescadores de mar somero, sino que se encuentra formada por promontorios y pequeñas hondonadas, que presentan ciertas discontinuidades en su topografía superficial hasta llegar a la isóbata de los 200 m que delimita a la fosa de San Lázaro, ubicada a unos 40 km al noroeste de Cabo San Lázaro en isla Magdalena; en su interior, esta fosa alcanza la máxima profundidad para esta subregión.

En las partes central y meridional destaca la presencia de cuencas de profundidades mayores de 200 m, como la fosa San

Lázaro, que alcanza la profundidad de 284 m, y otra hacia el noroeste de la misma, con 230 m. Un dato interesante se desprende de lo anterior, en virtud de que marcan el límite del talud y posiblemente el *borderland* continental en esta subregión (Figura 9). También existen algunos promontorios topográficos en sus inmediaciones.

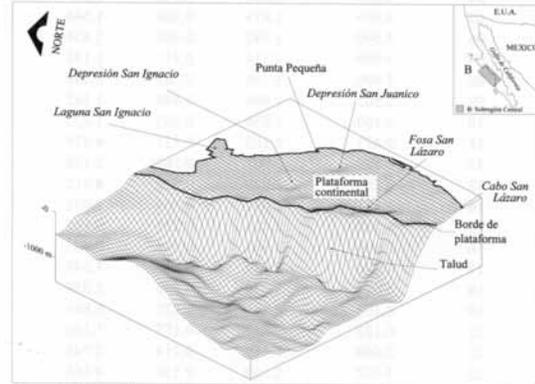


Figura 9. Mapa tridimensional de la subregión Central, que muestra los rasgos morfobatimétricos principales.

Frente a la laguna costera de San Ignacio, las isolíneas presentan la mayor separación, por tratarse de áreas más planas, que son influenciadas por la boca de unos 20 km de anchura aproximadamente, de este cuerpo de agua costera; en la entrada de la laguna se ubica la isla Ana (Figura 8), que la protege parcialmente. Casi frente a esta laguna, es notoria la depresión de 225 m aproximadamente en el límite más septentrional de la zona y en las cercanías del contacto con el *borderland* continental.

En la porción litoral del sureste, es dominante la presencia de más de 100 km de áreas de barreras arenosas, que de norte a sur están en contacto con la Boca de las Ánimas, Boca de Santo Domingo y la más sureña de todas, Boca La Soledad (Figura 8). Las barreras arenosas tienen las siguientes longitudes aproximadas: la primera al norte, que inicia de Boca Las Ánimas a Boca de Santo Domingo (25 km); la segunda al centro, de Boca Santo Domingo a Boca La Soledad (20 km); y la tercera al sur, de Boca La Soledad a Cabo San Lázaro (55 km). Esta barrera es la más extensa de todas y de aquí hacia el sur se prolonga unos 40 km hasta el extremo final de isla Magdalena.

Textura

En la zona ubicada al sur de Punta Abreojos y la bahía San Juanico hasta Cabo San Lázaro, en la isla Santa María Magdalena, de la subregión central, la textura del sedimento presenta un patrón de distribución semejante al de la subregión de Vizcaino (Figura 10), aunque con una mayor cantidad de promontorios o lentes arenosos con ciertas cantidades de conchas fragmentadas.

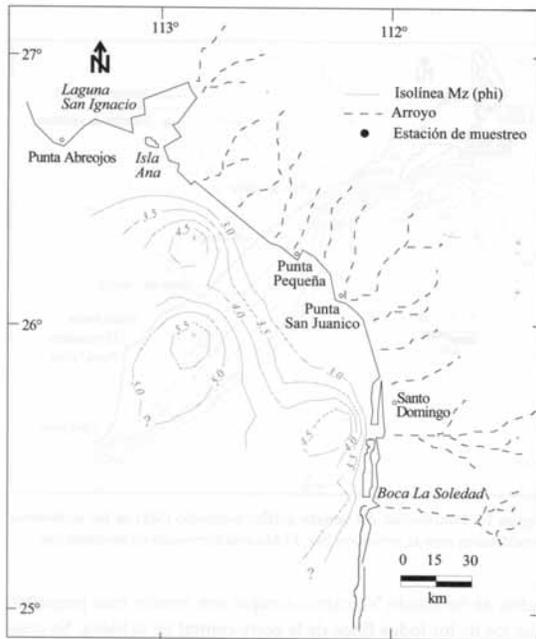


Figura 10. Distribución del tamaño gráfico promedio (Mz) de los sedimentos para la subregión Central. El Mz está expresado en unidades phi.

Materia orgánica

En la subregión del sur de Punta Abreojos a Cabo San Lázaro, las concentraciones de materia orgánica fluctuaron entre 0.496% como mínimo y 3.98% como máximo. En esta zona, también existe la relación directa de a menor tamaño de grano, mayor concentración de materia orgánica.

Los valores más altos se concentran en una hondonada frente a la Bahía de San Juanico, en las estaciones 18 y 21, en las profundidades de la isóbata de 100 m (Figura 11).

C. SUBREGIÓN SUR (CABO SAN LÁZARO-CABO FALSO)

Morfología

La tercera subregión que comprende de Cabo San Lázaro a Cabo Falso (C), en la porción más meridional de la península, representa la plataforma continental más angosta de las tres analizadas aquí; su mayor amplitud está expresada en su porción septentrional, al sur de isla Santa Margarita con 32 km aproximadamente, en Boca del Carrizal con 20 km, en Todos Santos con 4.6 km, hasta prácticamente desaparecer en los Cabos (Figura 12), para formar parte o enlazar a los cañones submarinos descritos por Shepard, situación que hace muy difícil la toma de muestra de sedimentos (estación 35) y la realización de los arrastres exploratorios de tipo biológico-pesqueros en esta porción.

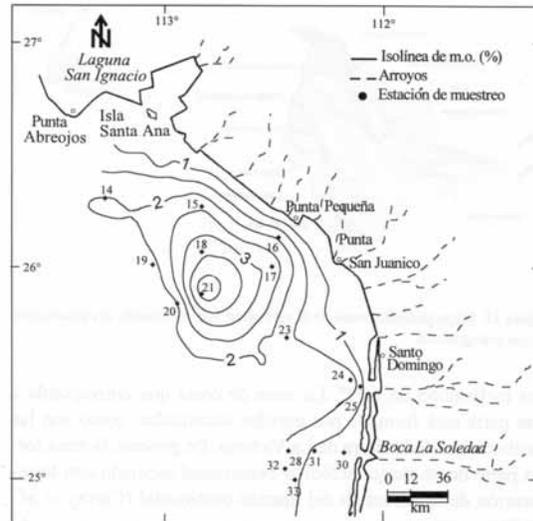


Figura 11. Distribución de materia orgánica (m.o. %) en los sedimentos superficiales de la subregión Central.

En el diagrama tridimensional de la subregión Sur (Figura 13) se ilustra la gran estrechez de la plataforma continental en esta zona, destacándose la amplitud de la misma en el área de Todos Santos, donde alcanza varios kilómetros de anchura, mientras que en Los Cabos casi desaparece, quedando prácticamente al borde del talud para inmediatamente después sobresalir los profundos cañones submarinos, hacia la dorsal del Pacífico Oriental.

Una de las zonas de mayor pendiente se encuentra al oeste de la población de Todos Santos, donde la plataforma posee

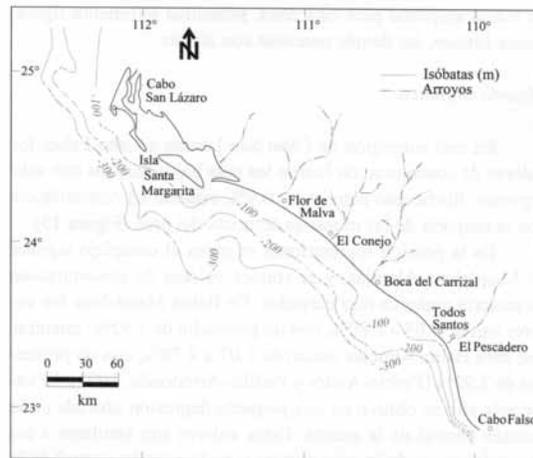


Figura 12. Batimetría de la subregión Sur. Las isóbatas están en metros.

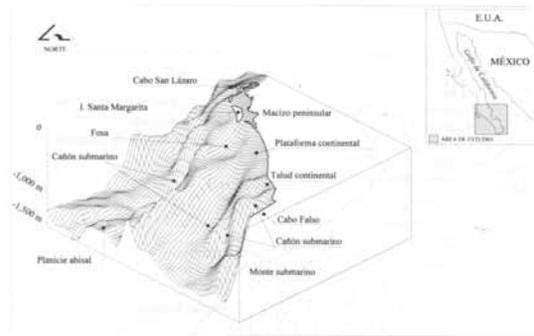


Figura 13. Mapa tridimensional de la subregión Sur, mostrando sus principales rasgos topográficos.

una inclinación de 1.07° . La zona de costa que corresponde a esta parte está formada por paredes acantiladas, como son las estribaciones de la sierra de La Victoria. En general, la zona forma parte de un rasgo tectónico extensional asociado con la separación de la península del macizo continental (Curry *et al.*, 1982).

Existe un buen corredor pesquero de Cabo Falso al sur de Todos Santos, mientras que de aquí hasta la Boca del Carrizal, hay gravas y grandes masas rocosas que impiden su utilización para tales fines; sin embargo, el sitio es propenso para la presencia de organismos sésiles, tales como el ostión y algunos manchones de langosta.

Textura

La subregión de Cabo San Lázaro a Cabo Falso presenta la mayor homogeneidad textural y solamente las estaciones 41 y 45, al sudoeste de isla Santa Margarita, y la 37, ubicada frente a Boca de Flor de Malva (Figura 14), donde la plataforma es de buena amplitud para esta zona, presentan sedimento ligeramente limoso, las demás muestras son arenas.

Materia orgánica

En esta subregión de Cabo San Lázaro a Cabo Falso, los valores de concentración fueron los más bajos para las tres subregiones, fluctuando entre 0.3 y 0.9%, estando en concordancia con la mayoría de las muestras arenosas del área (Figura 15).

En la porción septentrional se ubica el complejo lagunar de Magdalena-Almejas, y se conoce valores de concentración de materia orgánica más elevados. En Bahía Magdalena los valores van de 1.05 a 2.80%, con un promedio de 1.92%; mientras que para Bahía Almejas varían de 1.07 a 4.78%, con un promedio de 2.92% (Pedrín-Avilés y Padilla-Arredondo, 1993). El valor más alto se obtuvo en una pequeña depresión ubicada en la porción central de la misma. Estos valores son similares a los obtenidos cerca de la zona costera y en la porción central de la

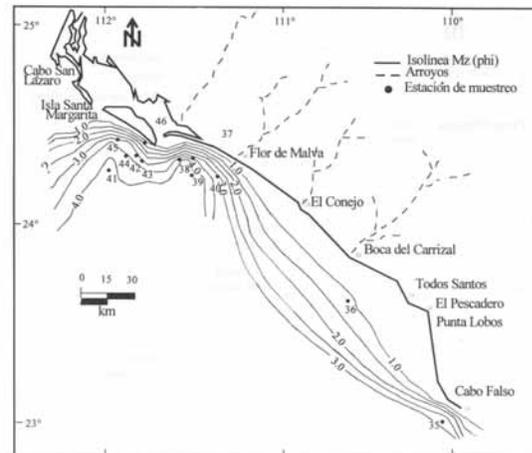


Figura 14. Distribución del tamaño gráfico promedio (Mz) de los sedimentos superficiales para la subregión Sur. El Mz está expresado en unidades phi.

bahía de Sebastián Vizcaíno, aunque son mucho más pequeños que los de los lodos finos de la parte central de la bahía. Se considera que esta área del complejo lagunar actúa como un probable exportador de material orgánico a esta región de la plataforma continental.

Los sedimentos de grano más fino de la parte media y externa de la plataforma y de los lados de los cañones submarinos tienen las mayores concentraciones de materia orgánica. Shepard (1932) mencionó que el piso de los cañones está cubierto con los sedimentos de grano fino, teniendo probablemente valores elevados de hasta 5.0%.

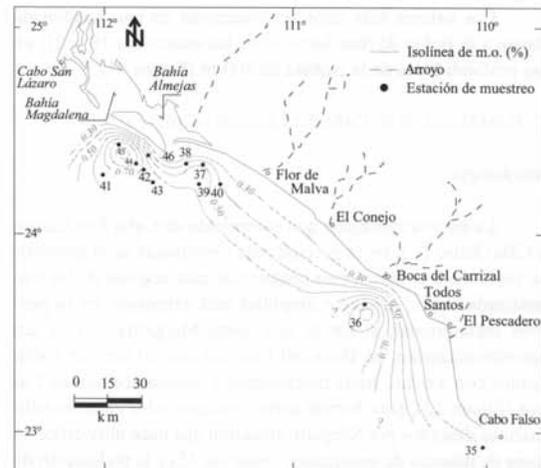


Figura 15. Distribución de materia orgánica (%) en los sedimentos superficiales de la subregión Sur.

Carbonatos totales

Se graficó los carbonatos totales únicamente para la subregión Sur, que comprende de Cabo San Lázaro a Cabo Falso, utilizando el método de acidificación con el calcímetro de Bernard. Los valores obtenidos (Tabla 3) tienen concentraciones que fluctuaron entre 5 y 35%.

De acuerdo con las concentraciones porcentuales de CaCO_3 obtenidas y su fuerte relación con los valores de textura más gruesa, además de los resultados de un examen visual de las muestras, se dividió a la subregión Sur en tres subzonas, por su contenido diferente de carbonato de calcio: Norte, Central y Sur.

La subzona Norte, con muestras muy arenosas y cercanas a la línea de costa, correspondientes a las estaciones de muestreo como la 42 (89.42% de arena) y 43 (92.23%), al suroeste de isla Santa Margarita (Figura 16), presenta los valores intermedios de 12.2 y 13.2%, respectivamente. Esa subzona de carbonatos es complementada con las estaciones de muestreo 44 (86.84%), 45 (75.29%) y 46 (89.37% de arena), con valores de 9.0, 4.8 y 10.2%, respectivamente, promediando 8.0%. Todas las muestras se localizan en el suroeste de isla Santa Margarita, cerca de Cabo Tosco, y coinciden en la cercanía de uno de los canales de acceso a la bahía de Almejas. Existen conchas y fragmentos de conchas que, al parecer, son claramente derivadas de las grandes poblaciones locales de almeja, un pequeño pelecípodo de las especies *Argopecten circularis* y *Chione* sp., abundantes en el complejo lagunar de Magdalena-Almejas. También, se presentan fragmentos de conchas en las porciones marginales de la parte occidental de la isla Santa Margarita y en un área de corrientes fuertes en el norte de la isla y al sur de la isla Magdalena.

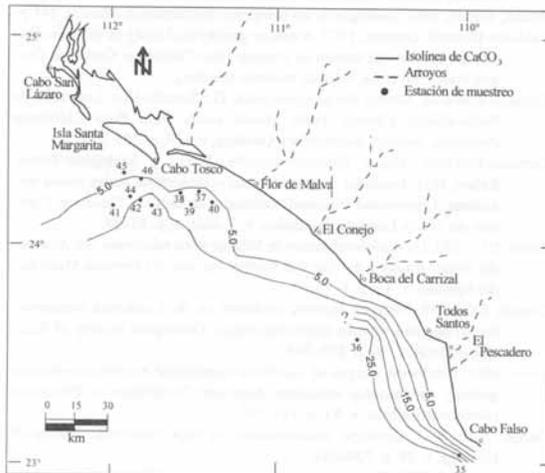


Figura 16. Distribución de carbonatos de calcio (%) en la subregión Sur.

La subzona Central, dentro de un parche arenoso-limoso de baja energía, proporcionó los valores más bajos para las estaciones 37, 38, 39, y 40, con un promedio de 7.45%. En el sedimento fino de esta porción, las testas de foraminíferos, igual

que las conchas o fragmentos de ella, constituyen la fuente principal de carbonato de calcio.

Los valores más elevados fueron detectados en la subregión Sur, y también coincidieron con las muestras más arenosas; la 36 (88.62%), al sur de la desembocadura de Boca del Carrizal, con 33.60%, mientras que la 35 (92.94%), frente a Cabo Falso, con 33.56% de carbonatos, coincide con las cascadas de arena de Los Cabos. Curiosamente, esta subregión presenta un área regular en extensión y es coincidente con las de mayor pendiente.

La muestra de Cabo Falso (Estación 35) es la de material más grueso y coincide con las dunas y playas arenosas estrechas de la zona costera adyacente; las mismas son erosionadas por las olas que rompen directamente hacia esa porción.

CONCLUSIONES

La distribución de sedimentos superficiales de las tres subregiones estudiadas presenta patrones en franjas o cinturones a lo largo de la línea de costa, observándose una disminución gradual notoria del tamaño de grano del sedimento, a partir de la línea de costa hacia el borde de la plataforma continental, con excepción de la presencia de algunos parches de material sedimentario, influenciados por algún factor oceanográfico relevante.

Los depósitos sedimentarios superficiales de la plataforma continental de la bahía de Sebastián Vizcaíno (A) son los que presentan mayor variación en cuanto al tamaño de grano, desde arena hasta limo.

Por otra parte, los depósitos del sur de Punta Abreojos a Cabo San Lázaro (B), son principalmente de tipo limoso, con excepción de la porción sudoriental.

En la estrecha plataforma continental del suroeste de Isla Margarita a Cabo Falso (C), los sedimentos son predominantemente arenosos y escasamente limosos en su porción noroccidental.

Respecto a las concentraciones de materia orgánica, presentan un patrón similar en las dos primeras subregiones, aunque son mayores en Punta Abreojos-Cabo San Lázaro, variando de 0.496 a 3.98%; por su parte, en la bahía de Sebastián Vizcaíno, fluctuó de 0.369 a 2.82%; mientras que en los Cabos, se detectó las menores abundancias con 0.3 a 0.9% en sedimentos netamente arenosos.

En la mayoría de los casos, existe una relación entre las cantidades altas de materia orgánica, así como en las bajas concentraciones. Los valores altos de materia orgánica están asociados a sedimentos de textura fina, como la arena limosa y limo arenoso y es notorio el poco contenido porcentual en sedimentos arenosos.

Se deduce en la presente provincia morfológica submarina del suroeste de la península de Baja California, del establecimiento formal de las subregiones de la plataforma continental de bahía Sebastián Vizcaíno, Punta Abreojos-Cabo San Lázaro y Cabo San Lázaro-Cabo Falso, que las tres presentan caracte-

rísticas sedimentológicas y morfológicas distintas, a pesar de pertenecer batimétricamente a la misma provincia fisiográfica de plataforma continental.

La plataforma continental en la subregión Norte se puede catalogar como relativamente amplia, con una anchura intermedia de 50–60 km y de forma convexa, con ligera inclinación hacia el mar profundo. La superficie total estudiada fue de 2,724 km².

La subregión Central es la más amplia de las tres subregiones, con una incipiente forma convexa, con 60–70 km de amplitud y con una superficie total de aproximadamente 11,324 km², caracterizándose notablemente por su estrangulamiento en las porciones septentrional y meridional. Morfológicamente, esta subregión corresponde a una especie de embahamiento abierto, cuya área de plataforma presenta algunos accidentes topográficos importantes, como pequeñas depresiones y hondanadas, con algunas elevaciones que probablemente constituyan antiguas líneas de costa, originadas por cambios recientes en el nivel del mar. Esta subregión Central es muy característica en sus rasgos fisiográficos y se desarrolla mejor desde Punta Santo Domingo y San Juanico, hasta los afloramientos rocosos de Cabo San Lázaro del Mesozoico. Existen diferencias notables entre las subregiones Norte y Central respecto a la subregión Sur. Las dos primeras consisten en planicies costeras bien desarrolladas, con cuerpos lagunares someros y paralelos a la costa y de regular extensión, lo cual correspondería a una costa secundaria por depósito marino, en concordancia con la clasificación de costas de Shepard (1973). Por su parte, la subregión Sur es por lo general una costa rocosa de grandes acantilados, depósitos eólicos y pequeños valles y, de acuerdo con la clasificación anterior, se considera una costa de origen primario o juvenil, con algunas zonas de transición a costas formadas por procesos marinos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización y culminación del presente estudio. En especial, se agradece al Dr. Mario Martínez-García, Director General del CIBNOR, S.C., por la valiosa ayuda dispensada para la realización de este tipo de investigaciones; al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por proporcionar las becas para estudios de posgrado en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México de los autores; al Dr. J. Eduardo Aguayo-Camargo, por su valiosa cooperación en la exhaustiva y paciente revisión de los manuscritos que dieron origen a este trabajo; a los Drs. Víctor M. Malpica-Cruz y Mario Gutiérrez-Estrada, por brindar sus acertadas críticas y valiosos comentarios a los borradores iniciales del manuscrito y a la versión final del mismo. Asimismo, queremos hacer patente nuestro reconocimiento a los árbitros designados para la revisión del trabajo, el Dr. Arturo Carranza-Edwards y otro anónimo, quienes proporcionaron valiosos comentarios y sugerencias que

contribuyeron notablemente a la mejoría y claridad del mismo. Que la tripulación del B/O "El Puma", del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, encuentre aquí un sincero agradecimiento y reconocimiento por su esforzada labor y colaboración técnica en las travesías por la plataforma continental del occidente de Baja California; al biólogo marino Edgar Amador-Silva se agradece ampliamente su enorme compañerismo y su colaboración en los cruceros, sobre todo en la toma de datos y en los muestreos; al geólogo marino Ernesto Díaz-Rivera, por sus útiles comentarios vertidos en una versión preliminar y la colaboración prestada en algunas etapas de los análisis de sedimentos; y al Sr. Fernando Dorado, por su entusiasta apoyo en la digitización de las ilustraciones. También, se agradece sinceramente a los profesores y compañeros del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, que de diversas maneras brindaron su ayuda en algunas de las etapas que condujeron a la culminación de este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo-Camargo, J.E., 1981, Sources of terrigenous sediments deposited in the Guaymas Basin Gulf of California, NW Mexico: *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v. 13, núm. 2, p. 41 (resumen).
- Álvarez, Manuel, Jr., 1961, Provincias fisiográficas de la República Mexicana: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 24, núm. 2, p. 3–20.
- Araujo-Mendieta, Juan, 1989, *Ambientes sedimentarios de la laguna San Ignacio*: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, tesis de maestría, 89 p. (inédita).
- Atwater, Tanya, 1970, Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of western North America: *Geological Society of America Bulletin*, v. 81, p. 3513–3536.
- Beal, C.H., 1948, Reconnaissance of the geology and oil possibilities of Baja California, Mexico: *Geological Society of America, Memoir* 31, 138 p.
- Boillot, Gilbert, 1984, Geología de los márgenes continentales: Masson, 141 p.
- Calderón-Riveroll, Gustavo, 1977, A marine geophysical study of Vizcaíno Bay and the continental margin of western Baja California: Corvallis, Oregon State University, tesis de maestría (inédita).
- Carranza-Edwards, Arturo; Bocanegra-García, G.; Rosales-Hoz, Leticia; y de Pablo-Galán, Libertio, 1998, Beach sands from Baja California Peninsula, Mexico: *Sedimentary Geology*, v. 119, p. 263–274.
- Carranza-Edwards, Arturo; Gutiérrez-Estrada, Mario; y Rodríguez-Torres, Rafael, 1975, Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas: *Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Anales*, v. 2, núm. 1, p. 81–88.
- Coney, P.J., 1983, Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe: *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, v. 15, p. 6–15.
- Crouch, J.K., 1979, Neogene tectonic evolution on the California continental borderland and western transverse ranges: *Geological Society of America Bulletin*, v. 90, p. 338–345.
- , 1981, Northwest margin of California continental borderland—marine geology and tectonic evolution: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 65, p. 191–218.
- Darton, N.H., 1921, Geologic reconnaissance in Baja California: *Journal of Geology*, v. 29, p. 720–748.
- D'Anglejan, B.F., 1965, The marine phosphorite deposit of Baja California, Mexico—present environmental and recent history: San Diego, California, University of California, disertación doctoral, 149 p. (inédita).
- , 1967, Origin of marine phosphorites off Baja California, Mexico: *Marine Geology*, v. 5, núm. 1, p. 15–44.
- Demant, Alain, 1975, Caracteres químicos principales del vulcanismo terciario y cuaternario de Baja California Sur—relaciones con la evolución del

- margen continental pacífico de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Revista del Instituto de Geología, Serie Divulgación, núm. 1, p. 19-69.
- D.G.O., 1983a, Carta de batimetría, S.M. 010, escala 1:1'601,538, en latitud 27°22.5'N: México, D.F., Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía.
- D.G.O., 1983b, Carta de batimetría, S.M. 604, escala 1:667,680, en latitud 24°N: México, D.F., Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía.
- Doyle, L.J., y Bandy, L.O., 1972, Southern continental borderland, Baja California, Mexico; its tectonics and environmental development: *Geological Society of America Bulletin*, v. 83, p. 3785-3794.
- Emery, K.O., 1965, Characteristics of continental shelves and slopes: *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, v. 49, núm. 9, p. 1379-1384.
- 1967, Estuaries and lagoons in relation to continental shelves, in Lauff, G.H., ed. *Estuaries: American Association for the Advancement of Science, Publication 83*, p. 9-11.
- 1970, Continental margins of the world. The geology of economic papers: Natural Environment Research Council, Institute of Geological Sciences, v. 70/13, p. 3-29.
- Emery, K.O.; Gorsline, D.S.; Uchupi, Elazar; y Terry, R.D., 1957, Sediments of three bays of Baja California: Sebastián Vizcaino, San Cristóbal and Todos Santos: *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 27, núm. 2, p. 95-115.
- Folk, R.L., 1965, Petrology of sedimentary rocks: Austin, Texas, Hemphill's Book Store Co., 151 p.
- 1966, A review of grain-size parameters: *Sedimentology*, v. 6, p. 73-93.
- 1969, Petrología de las rocas sedimentarias [Traducido por Carmen P. de Schlaepfer y R.M. de Schmitter]: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 405 p.
- Folk, R.L., y Ward, W.C., 1957, Brazos River bar—a study in the significance of grain-size parameters: *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 27, p. 3-27.
- Gaitán-Morán, J., 1986, On neotectonic evidence in the southern peninsular region, Baja California Sur, Mexico: Enschede, The Netherlands, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), tesis de maestría, 110 p. (inédita).
- Gastil, R.G.; Phillips, R.P.; y Allison, E.C., 1975, Reconnaissance geology of the state of Baja California: *Geological Society of America, Memoir 14*, 170 p.
- Gastil, R.G.; Krummenacher, Daniel; Doupoint, Joan; Bushee, Jonathan; Jensky, Wallace; y Barthelmy, David, 1976, La zona batolítica del sur de California y el occidente de México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 37, núm. 2, p. 84-90.
- Gentry, H.S., 1950, Land plants collected by the Veleo III: Allan Hancock Pacific Expeditions, v. 13, 246 p.
- Hausback, B.P., 1984, Cenozoic volcanic and tectonic evolution of Baja California Sur, Mexico, in Frizzell, V.A., Jr., ed., *Geology of the Baja California Peninsula: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific Section*, v. 39, p. 219-236.
- Krause, D.C., 1965, Tectonics, bathymetry, and geomagnetism of the southern continental borderland west of Baja California, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 76, núm. 6, p. 617-650.
- Krumbein, W.C., 1932, The mechanical analysis of fine-grained sediments: *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 2, p. 140-149.
- 1934, Size frequency distribution of sediments: *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 4, p. 65-77.
- Kulm, L.D.; Roush, R.C.; Harlett, J.C.; Newdeck, R.H.; Chambers, D.M.; y Rungeu, E.J., 1975, Oregon continental shelf sedimentation—interrelationships of facies distribution and sedimentary processes: *Journal of Geology*, v. 83, núm. 2, p. 1145-1175.
- Lankford, R.R., 1976, Coastal lagoons of Mexico—their origin and classification, in Willey, M.L., ed., *Estuarine processes: Nueva York, Academic Press*, t. 2, p. 182-215.
- López-Ramos, Ernesto, 1985, Geología de México, 3ª ed.: México, D.F., edición privada, t. 2, 454 p.
- Lozano-Romen, Fernando, 1975, Evaluación petrolífera de la península de Baja California, México: Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 27, núms. 4-6, p. 104-329.
- Lugo-Hubp, José, 1990, El relieve de la República Mexicana: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 9, núm. 1, p. 82-111.
- Malpica-Cruz, V.M., y Celis-Gutiérrez, Socorro, 1984a, Ambientes sedimentarios cuaternarios en la costa centro-pacífica de Baja California Sur: Sociedad Geológica Mexicana, Convención Geológica Nacional, 8ª, México, D.F., Resúmenes, p. 47 (resumen).
- 1984b, Interpretación de los procesos de disolución y precipitación observados en el estudio de microfacies de depósitos litorales de la costa occidental de Baja California Sur, in Malpica-Cruz, V.M.; Celis-Gutiérrez, Socorro; Guerrero-García, J.C.; y Ortlieb, Luc, eds., *Neotectonics and sea level variations in the Gulf of California area—a symposium: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Hermosillo, Sonora, México, Contribuciones para el Symposium sobre neotectónica y variaciones del nivel del mar en el área del Golfo de California*, p. 179-190.
- Mina-Uhink, Federico, 1957, Bosquejo geológico del Territorio Sur de la Baja California, México: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 9, núms. 3 y 4, p. 139-269.
- Moore, G.F., y Curry, J.R., 1982, Geologic and tectonic history of the Gulf of California—initial reports of the Deep Sea Drilling Project covering Leg 64 of the cruises of the drilling vessel *Glomar Challenger*, Mazatlán, Mexico, to Long Beach, California: Initial reports of the Deep Sea Drilling Project, v. 64, núm. 2, p. 1274-1279.
- Morán-Zenteno, D.J., 1984, Geología de la República Mexicana, 2ª edición: México, D.F., Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática; Secretaría de Programación y Presupuesto; y Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 88 p.
- Ojeda-Rivera, Jesús, 1963, Reconocimiento geológico de la región que comprende los yacimientos de hierro de la Baja California: Pachuca, Hidalgo, Consejo de Recursos Minerales, informe interno, s/p (inédito).
- Ortega-Gutiérrez, Fernando; Mitre-Salazar, L.M.; Roldán-Quintana, Jaime; Aranda-Gómez, J.J.; Morán-Zenteno, D.J.; Alaniz-Álvarez, S.A.; y Nieto-Samaniego, Á.F., 1992, Carta geológica de la República Mexicana, 5ª ed.: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología; y Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Consejo de Recursos Minerales, mapa con texto explicativo, escala 1:2'000,000, 74 p.
- Ortlieb, Luc, 1987, Néotectonique et variations du niveau marin au Quaternaire dans la région du Golfe de Californie, Mexique: Université de Droit, d'Économie et des Sciences d'Aix-Marseille III, disertación doctoral, t. 1 (texto), 779 p. (inédita).
- Ortiz-Pérez, M.A., y Espinosa-Rodríguez, L.M., 1991, Clasificación geomorfológica de las costas de México: *Geografía y Desarrollo*, v. 2, núm. 6, p. 1-9.
- Pedrin-Avilés, Sergio; Padilla-Arredondo, Gustavo; Díaz-Rivera, Ernesto; Sirkin, Les; y Stuckenrath, Robert, 1990 (1992), Estratigrafía del Pleistoceno superior-Holoceno en el área de la laguna costera de Balandra, estado de Baja California Sur: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 9, núm. 2, p. 170-176.
- Pedrin-Avilés, Sergio, y Padilla-Arredondo, Gustavo, 1993, Sedimentos superficiales de la plataforma continental del occidente de Baja California Sur, México: La Paz, Baja California Sur, Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur (CIBBCS), Informe interno, 9 p. (inédito).
- Pettijohn, F.J., 1975, *Sedimentary rocks*, 3ª ed.: Nueva York, Harper and Row, 618 p.
- Pettijohn, F.J.; Potter, P.E.; y Siever, Raymond, 1972, *Sand and sandstones*: Nueva York, Springer-Verlag, 600 p.
- Phleger, F.B., y Ewing, G.C., 1962, Sedimentology and oceanography of coastal lagoons in Baja California, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 73, núm. 2, p. 145-182.
- 1965, Sedimentology of Guerrero Negro lagoon, Baja California, Mexico—submarine geology and geophysics: *Colston Research Society, 17th Symposium, Bristol, Inglaterra*, v. 17, p. 206-235.

- 1969, Some general features of coastal lagoons: México, D.F., Simposio Internacional Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO, Memoria, p. 5–26.
- Raisz, Erwin, 1959, Landforms of Mexico: Cambridge, Mass., edición privada, mapa con texto, escala 1:3'000,000.
- Royse, C.F., Jr., 1970, An introduction to sedimentary analysis: Phoenix, Arizona State University, 180 p.
- Sawlan, M.G., y Smith, J.G., 1984, Petrologic characteristics, age and tectonic setting of Neogene volcanic rocks in northern Baja California Sur, Mexico, in Frizzell, V.A., Jr., ed., 1984, Geology of the Baja California Peninsula: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific Section, v. 39, p. 237–251.
- Schollenberger, C.J., 1927, A rapid approximate method for determining soil organic matter: Soil Science, v. 24, p. 63–68.
- Selley, R.C., 1976, Medios ambientes sedimentarios antiguos: Madrid, Editorial Blume, 251 p.
- 1988, Applied sedimentology: Orlando, Florida, Academic Press, 446 p.
- Shepard, F.P., 1932, Sediment of the continental shelves: Geological Society of America Bulletin, v. 43, p. 1017–1040.
- 1937, Revised classification of marine shorelines: Journal of Geology, v. 45, p. 603–624.
- 1950, Submarine topography of the Gulf of California: Scripps, 1940 E.W. Scripps cruise.
- 1954, Nomenclature based on sand-silt-clay ratios: Journal of Sedimentary Petrology, v. 24, núm. 3, p. 151–158.
- 1977, Geological oceanography, evolution of coast, continental margins, and the deep-sea floor: Nueva York, 214 p.
- Smith, D.L., 1977, A northeast trending trans-peninsular lineament across Baja California, Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 1, núm. 2, p. 138–143.
- Solleiro-Rebolledo, Elizabeth; Carranza-Edwards, Arturo; Santiago-Pérez, Susana; Rosales-Hoz, Leticia; y Lozano-Santa Cruz, Rufino, 1989, Investigación de sedimentos de plataforma en el área de San Antonio del Mar, Baja California, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Anales, v. 16, núm. 1, p. 91–104.
- SPP, 1981, Carta batimétrica escala 1:100 000, Hoja Pacífico Norte: Secretaría de Programación y Presupuesto, Dirección General de Geografía del Territorio Nacional,
- Trask, P.D., 1939, Organic content of recent marine sediments, in Recent marine sediments: Tulsa, Oklahoma, American Association of Petroleum Geologists, p. 428–435.
- U.S. Army, 1978, Cartas topohidrográficas.
- Walkley, A., y Black, I.A., 1934, An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method: Soil Science, v. 37, p. 29–38.
- Yeats, R.S.; Haq, B.U.; y Psiciotto, K.A., 1981a, Initial reports of the Deep Sea Drilling Project, 63: Washington, D.C., Government Printing Office, p. 5–22.

Manuscrito presentado: 8 de enero de 1998

Manuscrito aceptado: 30 de septiembre de 1999