

Alvarez-Arellano, A. D. y J. Gaitán Morán. 1994. Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano: Geología. pp 13-74.
En: G. de la Lanza-Espino y C. Cáceres-Martínez (eds). Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. UNAM-UABCS, 525 pags.

LAGUNAS COSTERAS Y EL LITORAL MEXICANO

Guadalupe de la Lanza Espino (UNAM)
Carlos Cáceres Martínez (UABCS)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

Alvarez-Arellano, A. D. y J. Gaitán Morán. 1994. Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano: Geología. pp 13-74.
En: G. de la Lanza-Espino y C. Cáceres-Martínez (eds). Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. UNAM-UABCS, 525 pags.

1ª. Edición 1994

**D.R. © Universidad Autónoma de Baja California Sur
Guadalupe de la Lanza Espino, Instituto de Biología,
Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Universitario, C.P. 04515, México, D.F.
Carlos Cáceres Martínez, Universidad Autónoma de Baja California Sur
Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar.
ISBN: 968-896-048-9**

LAGUNAS COSTERAS Y EL LITORAL MEXICANO: GEOLOGIA

Alejandro D. Alvarez Arellano
Javier Gaitán Morán

INTRODUCCION

Las costas mexicanas se extienden a lo largo de 11,592.76 km . Están limitadas por el Océano Pacífico, el Golfo de California, el Golfo de México y el Mar Caribe. De los 31 estados y un Distrito Federal que constituyen el territorio nacional 17 de ellos tienen límites costeros. De estos estados ribereños 11 se ubican en el litoral del Océano Pacífico y Golfo de California, y los 6 restantes en el litoral del Golfo de México y el Mar Caribe. (Fig. 1).



Figura 1. Estados con límites costeros en la República Mexicana (INEGI, 1989).

El litoral que limita hacia el Océano Pacífico y Golfo de California tiene una mayor longitud que los litorales que limitan hacia el Golfo de México y Mar Caribe (Tabla 1).

Tabla 1. Longitud del litoral mexicano por estados (INEGI, 1989).

LITORAL DEL OCEANO PACIFICO Y GOLFO DE CALIFORNIA

ESTADO	LONGITUD (Km)
1. Baja California, Costa del Pacífico, Costa del Golfo de California,	880.08 675.15
2. Baja California Sur, Costa del Pacífico, Costa del Golfo de California,	1 400.00 830.00 1 207.81
3. Sonora,	640.17
4. Sinaloa,	300.41
5. Nayarit,	341.93
6. Jalisco,	139.22
7. Colima,	246.76
8. Michoacán,	484.94
9. Guerrero,	597.51
10. Oaxaca,	255.69
11. Chiapas,	
LITORAL DEL GOLFO DE MEXICO Y MAR CARIBE,	
12. Tamaulipas,	457.52
13. Veracruz,	745.14
14. Tabasco,	183.86
15. Campeche,	523.30
16. Yucatán,	342.47
17. Quintana Roo,	865.22

La gran extensión del litoral mexicano representa un rasgo sobresaliente de la fisiografía del país, que implica una gran variedad de ambientes costeros derivados de la interacción de procesos geológicos, oceanográficos y atmosféricos a través del tiempo y el espacio.

ORIGEN

Para conocer el origen y la evolución del litoral mexicano es necesario analizar e interpretar integralmente las formas del paisaje y su asociación con los controles geológicos tanto de la superficie como del interior de la Tierra, así como con las condiciones climáticas y la oceanografía costera. Las formas de los litorales tal como hoy se observan son rasgos jóvenes en relación con la antigüedad del planeta. Por una parte, el nivel del mar tal como ahora se encuentra empezó a estabilizarse hace 7 mil años aproximadamente. Diversos autores señalan que 18 mil años antes del presente (A.P.) alcanzó su máximo desarrollo la glaciación Wisconsiniana, con ello el nivel del mar de aquella época estuvo 130 m por debajo del actual. Desde entonces gobierna la transgresión holocénica, con una tasa de elevación del nivel del mar que ha variado con el tiempo.

Aunque las capas de hielo de la última glaciación desaparecieron de Norteamérica hace 5 mil años y del norte de Europa hace 12 mil años, algunos estratígrafos colocan el límite Pleistoceno-Holoceno en el punto medio del inicio del calentamiento de los océanos, hecho que ocurrió hace 11 o 12 mil años A.P. La Comisión Holocénica de la Asociación Internacional del Cuaternario recomienda colocar la frontera Pleistoceno-Holoceno 10 mil años A.P.; considerando este criterio, desde entonces el nivel del mar se elevó a una tasa relativamente rápida hasta aproximadamente 5 mil años A.P., cuando disminuyó esta velocidad de ascenso. De hace 5 mil años a la actualidad se considera que el nivel del mar ha ascendido menos de 5 m, lo que da como resultado que los rasgos costeros tales como deltas, lagunas, estuarios, barreras arenosas y playas hayan sido configurados o modelados en un pasado muy reciente en relación con el tiempo geológico (Fig. 2).

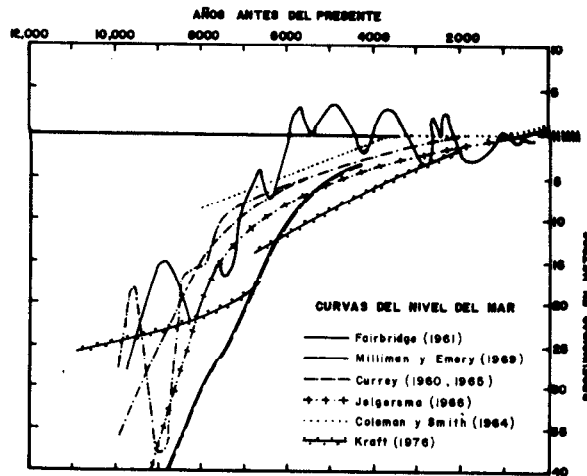


Figura 2. Curvas de variación del nivel medio del mar para los últimos 10,000 años (Modificado de Kennet, 1982).

Por otra parte, el régimen tectónico predominante durante el Cuaternario y activo en muchas regiones y áreas litorales ha dado como resultado deformaciones estructurales (levantamientos, fallamientos y plegamientos) que también controlan en parte la conformación de la línea de costa actual. Casos notables de lo anterior son la Península de Baja California y el sur de México, adyacente a la trinchera oceánica Mesoamericana, donde son reportadas terrazas marinas pleistocénicas, como

indicadores de levantamientos tectónicos del litoral y de las fluctuaciones eustáticas del nivel del mar. Esta combinación de los procesos interglaciares y de tectonismo dificultan y oscurecen a menudo la interpretación correcta de las terrazas marinas.

Debe señalarse la importancia de la descarga de sedimentos aportados por varios ríos caudalosos que desembocan en los mares mexicanos, sedimentos que son redistribuidos en el litoral por corrientes oceánicas generadas por el oleaje o las mareas. En síntesis, la forma y posición de la línea de costa que ahora se observa es el producto de los cambios globales del nivel del mar durante el Cuaternario, de los levantamientos y las subsidencias en áreas de naturaleza tectónicamente activa y de los procesos de depósito y erosión costera influidos por procesos fluviales y oceanográficos (Seyfert y Sirkin, 1979; Pirazzoli, 1989; Pirazzoli, 1990; Ortlieb *et al.*, 1990).

REGIONALIZACION

Con el propósito de estructurar una regionalización de las costas mexicanas se analiza el comportamiento de las siguientes variables: hipsometría y batimetría del margen continental, geología de la zona costera, unidades morfotectónicas costeras, hidrología de las cuencas que drenan hacia los mares, climas y mareas.

Hipsometría

En las figuras 3 y 4 se muestran los perfiles hipsométricos con el fin de destacar aquellas regiones del litoral que cuentan con extensas planicies y aquellas otras en que las estribaciones de las cadenas montañosas y sierras están muy próximas a la línea de costa. Como se puede ver, en los perfiles hay una gran diversidad de plataformas continentales y llanuras costeras tanto en forma como en extensión, lo que permite una regionalización de los litorales en función de los rasgos altimétricos y fisiográficos próximos a la línea de costa, caracterizando de esta forma zonas montañosas y de planicie (Fig. 5).

SIERRAS PENINSULARES DE BAJA CALIFORNIA. La Península de Baja California está caracterizada por una cadena montañosa que se orienta NW-SE, prolongándose aproximadamente en forma ininterrumpida desde la Sierra San Pedro Mártir-Juárez hasta la Sierra de San Lázaro en Cabo San Lucas. Al norte del paralelo 28° 00' la zona costera del Pacífico y del Golfo de California está caracterizada por zonas montañosas y acantilados de pendientes prominentes. Hacia el sur del paralelo mencionado la zona montañosa domina el paisaje de la costa oriental de la península, interrumpiéndose en el Istmo de La Paz para continuar hacia el sur con un cambio brusco de orientación norte-sur hasta Cabo San Lucas.

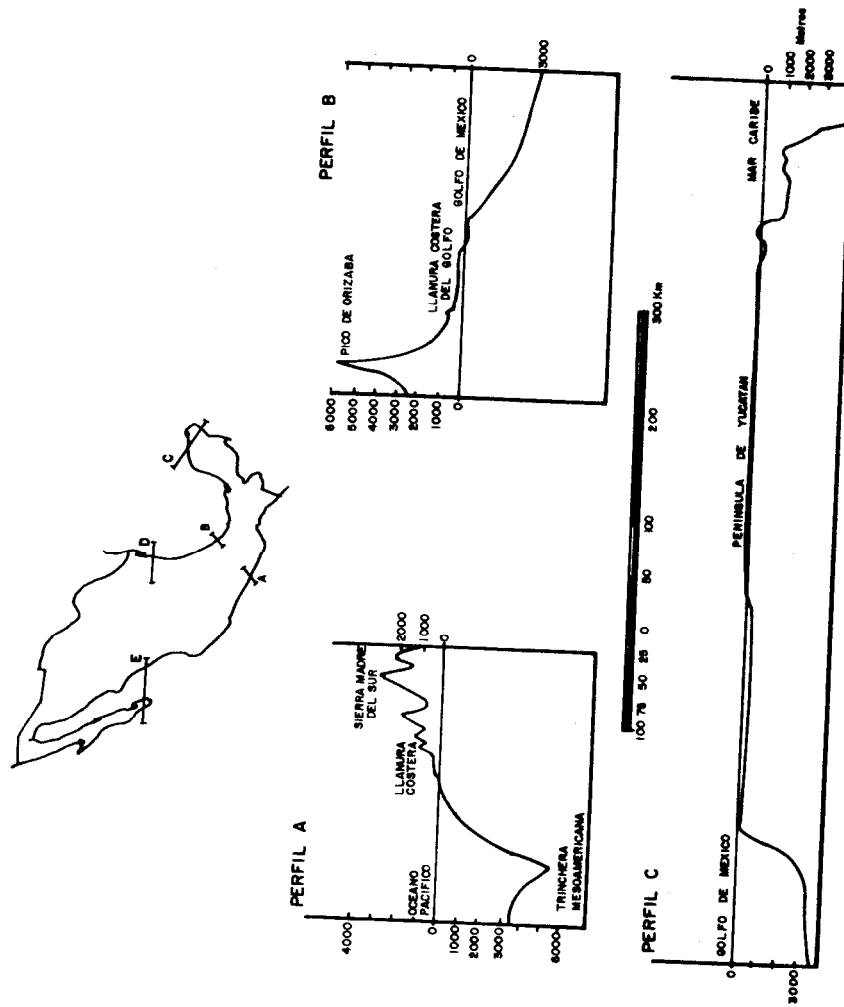


Figura 3. Perfiles hipsométricos y batimétricos. Perfil A: Sierra Madre del Sur-Trinchera Mesoamericana. Perfil B: Pico de Orizaba-Golfo de México. Perfil C: Golfo de México-Península de Yucatán-Mar Caribe (Modificada de IG, 1990).

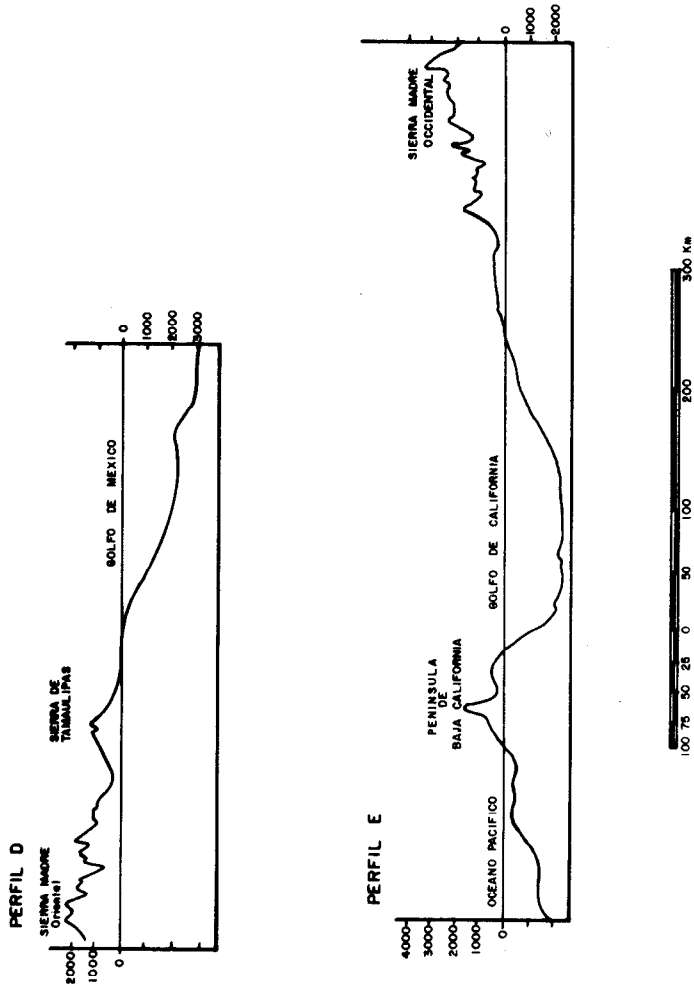


Figura 4. Perfiles hipsométricos y batimétricos. Perfil D: Sierra Madre Oriental-Golfo de México. Perfil E: Península de Baja California-Sierra Madre Occidental (Modificada de IG, 1996).

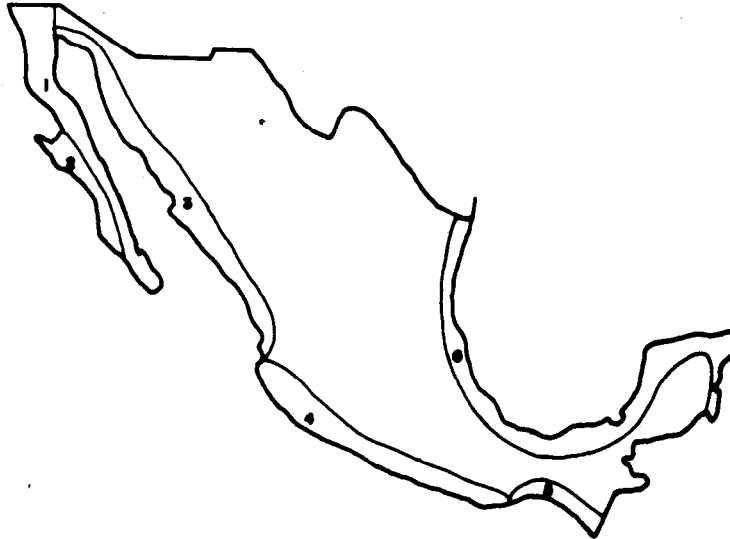


Figura 5. Regionalización altimétrica y fisiográfica de la margen costera mexicana: 1) Sierras Peninsulares de Baja California; 2) Llanuras Costeras de Vizcaino-Magdalena; 3) Llanura Costera Oriental del Golfo de California; 4) Sierra Madre del Sur; 5) Istmo de Tehuantepec-Sierra Madre de Chiapas; 6) Llanura Costera del Golfo de México y Península de Yucatán.

LLANURAS COSTERAS DE VIZCAINO-MAGDALENA. En contraste con la región anterior, la zona costera occidental de la península al sur del paralelo antes referido está caracterizada por amplias llanuras, en las cuales destacan aisladamente algunas sierras y mesetas.

LLANURA COSTERA ORIENTAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA. Se caracteriza por una extensa planicie fluvio-deltáica, la cual está fuertemente influenciada por los ríos Colorado, Sonora, Yaqui, Mayo, Fuerte, Sinaloa, Culiacán, San Lorenzo, Acajoneta, San Pedro, Lerma-Santiago y Ameca, entre otros.

SIERRA MADRE DEL SUR. A partir de Bahía Banderas hacia el sur hasta las estribaciones de la Sierra de Miahuatlán, la zona costera está caracterizada por una llanura estrecha, predominando áreas montañosas y acantilados con pendientes prominentes.

ISTMO DE TEHUANTEPEC-SIERRA MADRE DE CHIAPAS. La zona costera se caracteriza por una amplia llanura influenciada por la topografía del terreno y la descarga del Río Tehuantepec. Hacia el sur la llanura se estrecha, estando limitada por la Sierra Madre de Chiapas.

LLANURA COSTERA DEL GOLFO DE MEXICO Y PENINSULA DE YUCATAN. Esta llanura es la más amplia y con mayor superficie, cuya cota altimétrica no rebasa los 200 m. Se extiende desde el norte del Estado de Tamaulipas hacia el sureste en los estados de Yucatán y Quintana Roo. Hasta el límite sureste del Estado de Campeche, la llanura se caracteriza por una extensa planicie fluvio-deltáica que se interrumpe en el Estado de Veracruz por la presencia del sistema volcánico Transversal (Cofre de Perote). La planicie fluvio-deltáica está influenciada por grandes ríos, entre los cuales destacan el Bravo, San Fernando, Soto La Marina, Tamesí, Pánuco, Tuxpan, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva, Usumacinta y Candelaria. En contraste, la Península de Yucatán es una plataforma calcárea con drenaje cárstico que impide el escurrimiento superficial.

Batimetría

En las figuras 6 y 7 se muestra el comportamiento de las curvas batimétricas que definen la plataforma y el talud continental mexicanos. Esta morfología revela las regiones de amplio desarrollo de plataformas, lo que expresa una relativa estabilidad tectónica y por tanto acumulación de depósitos sedimentarios en el margen costero (Fig. 3a). Por el contrario, las regiones de estrechas plataformas son indicadores de inestabilidad tectónica, con incipiente acumulación sedimentaria; generalmente la existencia de cañones submarinos adyacentes a estas plataformas causa el transporte de sedimentos de la zona costera a los fondos profundos (Fig. 3a). En las figuras 3 a,b,c, d y e puede contrastarse la extensión de la plataforma de los estados de Veracruz, Guerrero, Yucatán, Tamaulipas, Sinaloa y Baja California Sur, que influye sobre el desarrollo de depósitos costeros y la forma de la línea costera. Con la finalidad de regionalizar las costas mexicanas en función de las características más relevantes de la margen continental, se ha dividido al país en tres regiones (Fig. 8).

REGION NOROESTE. Comprende la costa y la margen continental adyacente al Océano Pacífico y Golfo de California. El límite norte lo marca la frontera con los Estados Unidos de Norteamérica y el límite sur el área de Bahía de Banderas, Jalisco. Las características batimétricas de la margen occidental de la Península de Baja California contrasta fuertemente con la margen oriental. La occidental se distingue por tener una plataforma continental amplia, 150 km en su parte más ancha, reduciéndose hacia el norte hasta 25 km y al sur hasta 5 km. Al oriente de la península la plataforma

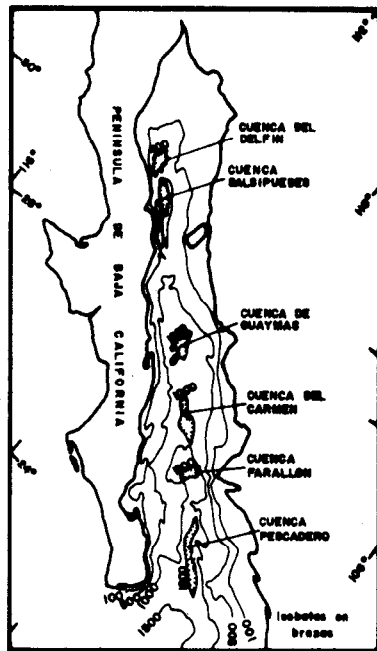
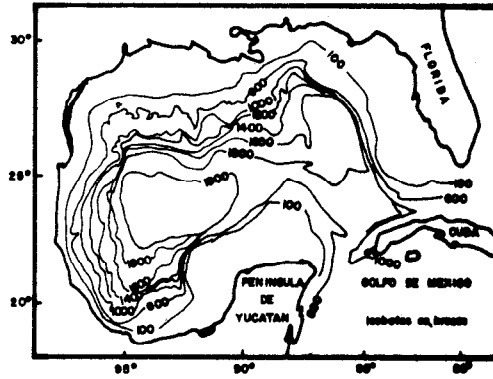


Figura 6 Batimetría del Golfo de México (A) Golfo de California, (B) (Modificado de Chávez, 1975 y Alvarez-Arellano, 1984).

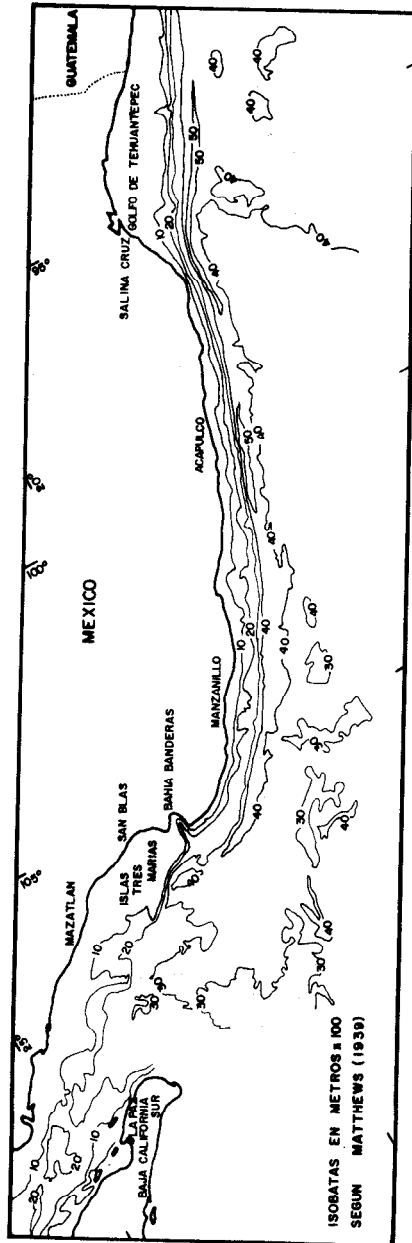


Figura 7. Batimetría del Pacífico sur de la República Mexicana (Modificado de Fisher y Hess, 1980).

continental es muy estrecha, aproximadamente 5 km de ancho en promedio, teniendo un máximo de amplitud en el área de Bahía de La Paz (25 km). El margen occidental del macizo continental se distingue por tener una plataforma continental amplia y aproximadamente constante en toda su extensión, presentándose una amplitud máxima entre 125 a 150 km en la parte norte del Golfo de California, en donde se localiza el delta del Río Colorado. El Golfo de California presenta una serie de cuencas orientadas NW-SE, cuyas profundidades alcanzan más de 3000 m. Las cuencas constituyen los centros de dispersión de la Dorsal del Pacífico Oriental.

REGION SUROESTE. Comprende la costa y la margen continental adyacente al Océano Pacífico y a la zona regionalmente conocida como Golfo de Tehuantepec. El límite norte lo marca el área de Bahía de Banderas, Jalisco, extendiéndose hacia el sur hasta la frontera con Guatemala. La mayor parte de la extensión que ocupa esta región se caracteriza por tener una plataforma continental muy estrecha, en promedio de 12 a 25 km de amplitud, ensanchándose significativamente en el Golfo de Tehuantepec, en donde alcanza entre 50 y 75 km de amplitud. Resalta la presencia de una serie de fosas con más de 5000 m de profundidad, orientadas en forma de arco y paralelas a la costa, que limitan a la plataforma continental. En su conjunto, estas fosas constituyen la Trincherá Mesoamericana, límite convergente o de subducción de placas tectónicas, donde son frecuentes los cañones submarinos y las pendientes abruptas del talud continental.

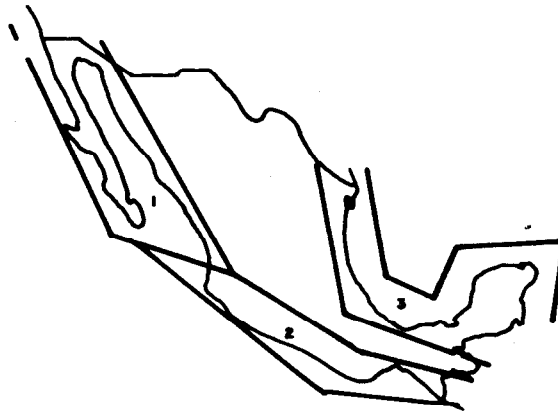


Figura 8. Regionalización de las costas mexicanas en función de su margen continental: 1) Región Noroeste; 2) Región Suroeste; 3) Región Oriental.

REGION ORIENTAL. Comprende la costa y la margen continental adyacente al Golfo de México y Mar Caribe. El límite norte lo marca la frontera con los Estados Unidos de Norteamérica y hacia el sur la frontera con Belice. Se caracteriza por presentar una plataforma continental muy amplia que rodea la Península de Yucatán, zona que se conoce como Banco de Campeche, con una amplitud aproximada de 225 a 250 km. Esta plataforma se reduce significativamente, llegando a tener 50 km de ancho entre la zona de Tabasco y Tamaulipas, ensanchándose nuevamente hasta 100 km al norte de este último estado fronterizo.

Geología.

En la figura 9 se presenta la distribución de las principales unidades litológicas que identifican la República Mexicana. Existe gran influencia del factor geológico sobre el tipo de sedimento y su disponibilidad; por ejemplo, en las playas del estado de Oaxaca y Chiapas los principales aportes provienen de los afloramientos de gneiss e intrusivos silíceos, que se encuentran ampliamente distribuidos dentro de las cuencas hidrográficas que drenan hacia el Pacífico; en las playas de Yucatán y Quintana Roo los sedimentos del litoral son calcáreos (biógenos, intraclastos y oolitos) debido a la ausencia de afloramientos de rocas ígneas o metamórficas, a la gran actividad de organismos con esqueletos calcáreos y a los alineamientos o parches arrecifales del norte del Banco de Campeche que operan como fuente de suministro de material para los litorales de esta zona. Por otra parte, en los litorales de zonas áridas se han encontrado cantidades relativamente altas de feldspatos asociados probablemente a una menor actividad del intemperismo químico. Finalmente, el tectonismo es otro factor que influye sobre el tipo de sedimentos depositados en los litorales, mientras en regiones tectónicamente estables, como en la Península de Yucatán, tiende a manifestarse el alto grado de selección y madurez textural de los sedimentos, en regiones tectónicamente inestables, como la adyacente a la Trinchera Mesoamericana, los sedimentos manifiestan inmadurez textural (Páez-Osuna y *et al.*, 1984; Carranza-Edwards, 1986; Carranza-Edwards *et al.*, 1988 a y b; Nolasco-Montero y Carranza-Edwards, 1988; Morales de la Garza *et al.*, 1988; Solleiro-Rebolledo *et al.*, 1989).

Unidades morfotectónicas costeras

En la figura 10 se delimitan nueve unidades para las costas mexicanas, según su estabilidad tectónica y clasificación genética y geomorfológica (Carranza-Edwards *et al.*, 1975). La clasificación tectónica está basada en la propuesta por Inman y Nordstrom (1971) y la clasificación geomorfológica y genética en la propuesta por Shepard (1973). Se consideran características regionales con énfasis en los rasgos distintivos de cada

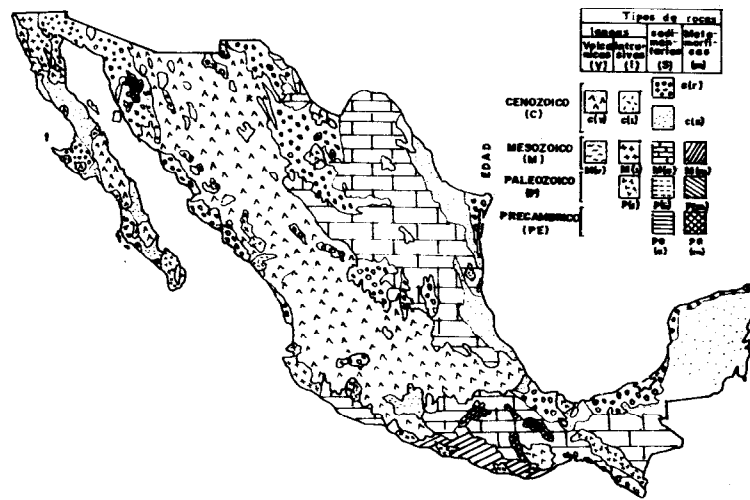


Figura 9. Unidades litológicas que identifican a la República Mexicana (Modificado de INEGI, 1989).

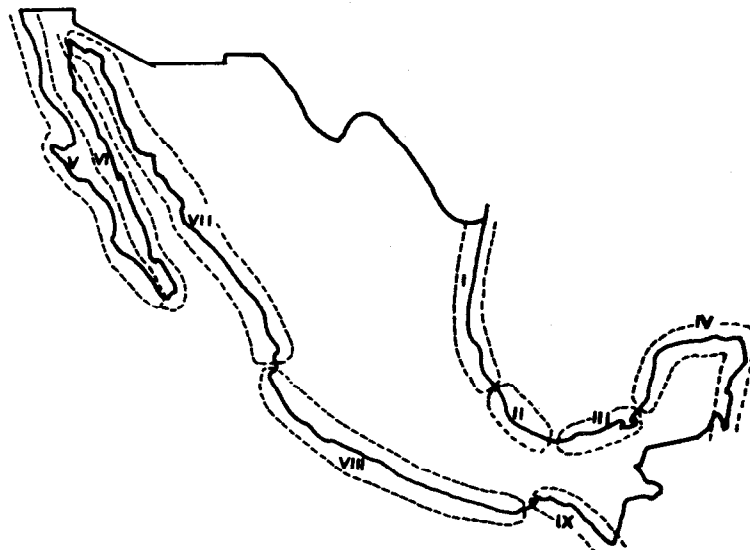


Figura 10. Unidades morfotectónicas de la República Mexicana (Carranza-Edwards et al., 1975)

unidad, con lo que, aún cuando existan similitudes tectónicas entre varias regiones del litoral mexicano, es posible diferenciarlas tectónica o geomorfológicamente.

Unidad I: Sobresale la llanura deltáica del Río Bravo, de relieve moderado, donde la sedimentación clástica es dominante y destaca la presencia de la Laguna Madre. Como rasgo mayor se considera la existencia de la Barra de Tuxpan, que es una isla de barrera. Tectónicamente se clasifica como una costa de *mares marginales*, geomorfológica y genéticamente como una costa de tipo primario (depositación subaérea por ríos) y secundario (depositación marina).

Unidad II. La llanura costera es angosta, con manifestaciones volcánicas en el área de los Tuxtlas, Veracruz. Destacan los arrecifes en la costa cercana a la ciudad de Veracruz, Veracruz. Tectónicamente se clasifica como una costa de *mares marginales*, geomorfológica y genéticamente como costa primaria (volcánica, depositación subaérea) y secundaria (construida por organismos arrecifales).

Unidad III. Se destaca la gran acumulación de sedimentos deltáicos y una llanura costera amplia con lomeríos bajos de relieve muy suave. Es importante la presencia de la Laguna de Términos y una plataforma continental muy desarrollada. Tectónicamente se clasifica como una costa de *mares marginales*, geomorfológica y genéticamente como costa primaria (depositación subaérea, depositación por ríos).

Unidad IV. Se caracteriza por una plataforma emergida de relieve suave y moderado. Destaca la topografía cárstica y la ausencia de drenaje superficial. Tectónicamente se clasifica como una costa de *mares marginales*, geomorfológica y genéticamente como primaria (erosión terrestre) y secundaria (depositación marina, construidas por organismos).

Unidad V. En la parte sur de la unidad son importantes los depósitos aluviales, médanos y salitrales. Tectónicamente se clasifica como costa de colisión continental, geomorfológica y genéticamente como primaria (depositación subaérea) y secundaria (erosión de oleaje, depositación marina).

Unidad VI. Se caracteriza por una plataforma continental estrecha o nula y destaca el desarrollo deltáico por el aporte de sedimentos del Río Colorado. Tectónicamente se clasifica como una costa de *arrastre de neo-eje*, geomorfológica y genéticamente como primaria (formadas por movimientos diastróficos) y secundaria (erosión de oleaje).

Unidad VII. Se caracteriza por una plataforma continental amplia, con taludes de inclinación moderada a fuerte. Tectónicamente se clasifica como de *arrastre de neo-eje*,

geomorfológica y genéticamente como primarias (depositación subaérea por ríos y viento, por movimientos diastróficos).

Unidad VIII. Se caracteriza por tener una plataforma continental muy angosta, ensanchándose en el delta del Rfo Balsas y la costa de Oaxaca. Tectónicamente se clasifica como costa de *colisión continental*, geomorfológica y genéticamente como primaria (formada por movimientos diastróficos) y secundaria (erosión por oleaje y depositación marina).

Unidad IX. Destaca una llanura angosta, que contrasta con una plataforma continental amplia y un talud moderadamente pronunciado. Tectónicamente se clasifica como una costa de *colisión continental*, geomorfológica y genéticamente como secundaria (depositación marina).

Hidrología

En la figura 11 y en la tabla 2 se describen las regiones hidrológicas de México que descargan en los mares que rodean al país. Se señala el escurrimiento medio anual hidrológico y la precipitación total anual, para estimar indirectamente la cantidad relativa de sedimentos aportados a los litorales (Fig. 12), por los principales ríos de México (Fig. 13).

Clima

En la figura 14 se presentan los principales tipos de climas en las zonas costeras de México, observándose cuatro grandes regiones.

REGION NOROESTE, con clima seco y muy seco, variando hacia su parte sur a un clima cálido subhúmedo.

REGION SUROESTE, donde predomina el clima cálido subhúmedo.

REGION NORESTE, en la parte norte predomina el clima templado subhúmedo, variando hacia el sur a un clima cálido subhúmedo.

REGION SUR-SURESTE, donde predomina el clima cálido húmedo y en la Península de Yucatán el cálido subhúmedo.

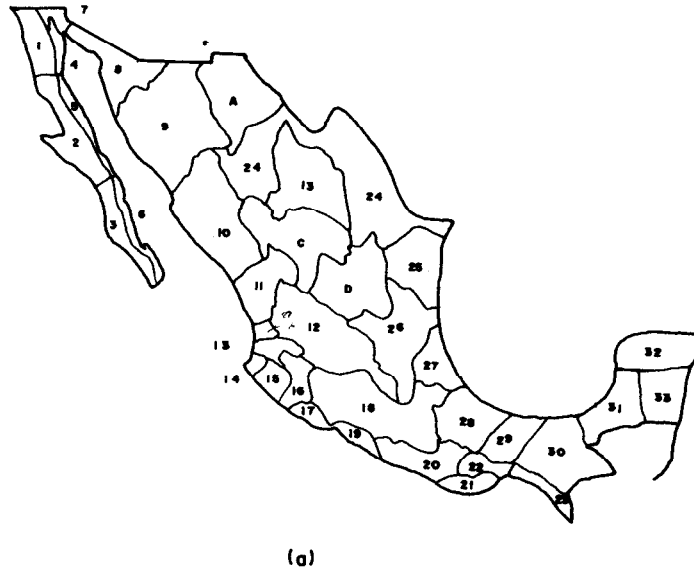


Figura 11. Regiones hidrológicas de la República Mexicana (SRH, 1976).

Mareas

Klein (1985) establece una clasificación de líneas de costa de acuerdo al régimen de mareas. Este autor observó que las playas y barreras arenosas son mejor preservadas en líneas de costa micro y meso mareales, de acuerdo con los siguientes intervalos: 0-2 m Micromareal, 2-4 m Mesomareal y 4 m Macromareal.

De acuerdo con estos criterios se observan costas mesomareales en la margen occidental de la Península de Baja California, costas macromareales en la región del alto Golfo de California y costas micromareales en el resto de los litorales mexicanos.

Tabla 2. E scorrimiento medio anual por región hidrológica que descarga en los mares de la República Mexicana (SPH, 1976).

REGION HIDROLOGICA,	SUPERFICIE (Km ²),	ESCURRIMIENTO (10 ⁶ m ³)
1 Baja California Norte,	27 080	52.4
2 Baja California centro-oeste,	41 649	86.7
3 Baja California suroeste,	28 360	56.4
4 Baja California noroeste,	17 120	34.3
5 Baja California centro-oeste,	12 780	25.2
6 Baja California sureste,	11 620	23.2
7 Río Colorado,	5 180	9.1
8 Sonora norte,	59 087	605.6
9 Sonora sur,	141 710	5 394.1
10 Sinaloa,	108 558	17 667.7
11 Río Presidio a San Pedro,	52 100	10 792
12 Lerma Santiago,	130 428	10 389.2
13 Huicicila,	4 760	3 157.1
14 Ameca,	12 436	2 561.5
15 Costa de Jalisco,	13 176	8 594.5
16 Armería-Coahuayana,	17 667	3 812.1
17 Costa de Michoacán,	9 224	2 865.9
18 Balsas,	116 912	29 005.2
19 Costa Grande,	12 506	8 847.5
20 Costa Chica-Río Verde,	40 077	20 664.6
21 Costa de Oaxaca,	10 400	6 739.4
22 Tehuantepec,	15 564	2 129.2
23 Costa de Chiapas,	12 227	27 342.5
24 Río Bravo,	236 995	5 127.1
25 Golfo Norte,	51 962	2 112.1
26 Cuenca del Río Pánuco,	95 682	21 067.7
27 Tuxpan-Nautla,	26 839	17 504.5
28 Cuenca del Río Papaloapan,	56 550	61 041.5
29 Coatzacoalcos-Tonalá,	29 802	27 381.8
30 Grijalva-Usumacinta,	84 612	81 086.4
31 Yucatán oeste,	42 358	9 068.1
32 Yucatán norte	57 630	12 310.9
33 Yucatán este	39 638	8 467.6

En la figura 15 se presentan ejemplos de formas típicas de cada línea de costa de acuerdo con esta clasificación.

PROVINCIAS LITORALES

Tomando en cuenta las variables anteriores y con el fin de sintetizar y facilitar el estudio del litoral mexicano, se empleó como base la regionalización de provincias fisiográficas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1989). Estas provincias se definen como regiones de un mismo origen geológico, con paisajes y tipos de roca genéticamente similares y aún con características climáticas, hidrológicas y oceanográficas semejantes en la mayor parte de su extensión.

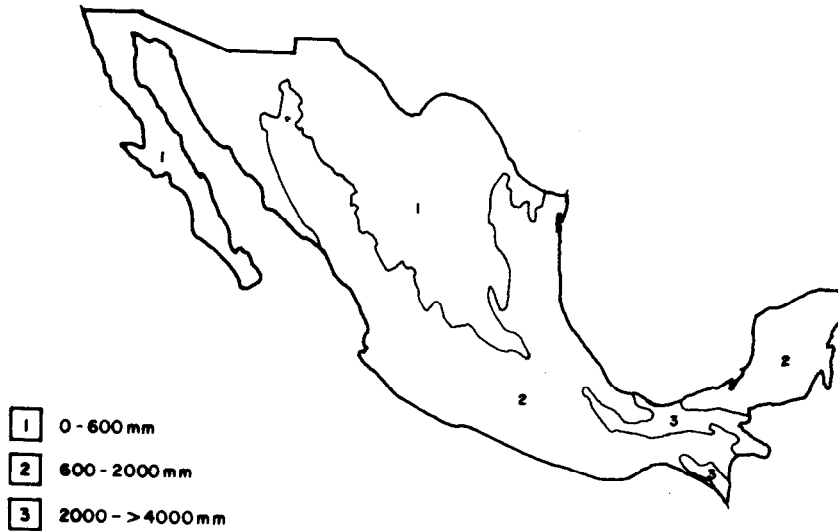


Figura 12. Precipitación total anual en la República Mexicana (Modificado de INEGI, 1989).



Figura 13. Principales ríos de la República Mexicana (Modificado de INEGI, 1989).

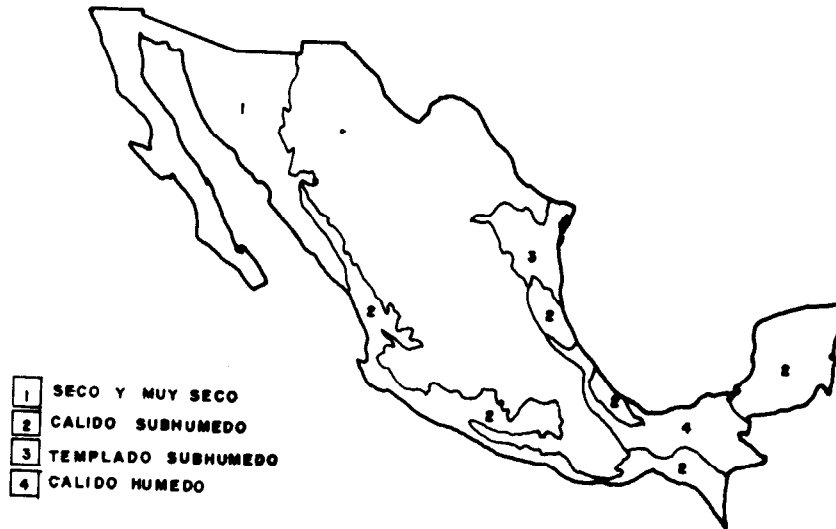


Figura 14. Principales tipos de climas en las zonas costeras de la República Mexicana (Modificado de INEGI, 1989).

Dentro de cada provincia hay variaciones que rompen la continuidad general, lo que determina la definición de subprovincias. En la figura 16 se muestra la ubicación y extensión de las 6 provincias en que se divide el litoral mexicano.

Península de Baja California. Se caracteriza por tres discontinuidades fisiográficas que dominan el paisaje costero: 1) las sierras graníticas de Juárez y San Pedro Mártir en el Estado de Baja California y la cordillera volcánica conocida como Sierra de La Giganta en el Estado de Baja California Sur; 2) el desierto de San Sebastián Vizcaíno y la Llanura de Magdalena, ambos caracterizados por amplios llanos, médanos, dunas y zonas bajas inundables en época de lluvias; 3) la región del Cabo, conocida como Bloque de los Cabos, continuación de la cordillera peninsular que abarca el norte de la península. En esta provincia de la Península de Baja California se ubican 14 lagunas costeras identificables en una escala de 1:1,000,000: Estero Punta Banda, Bahía de San Quintín, Laguna de Guerrero Negro, Laguna Ojo de Liebre, Laguna Abreojos, Bahía Ballenas, Laguna de San Ignacio, Estero San Juan, Laguna Santo Domingo-Bramonas, Bahía Magdalena, Bahía Almejas, Bahía Santa María (todas estas sobre la margen occidental de la península), Bahía Concepción y Ensenada de La Paz (sobre la margen oriental de la península).

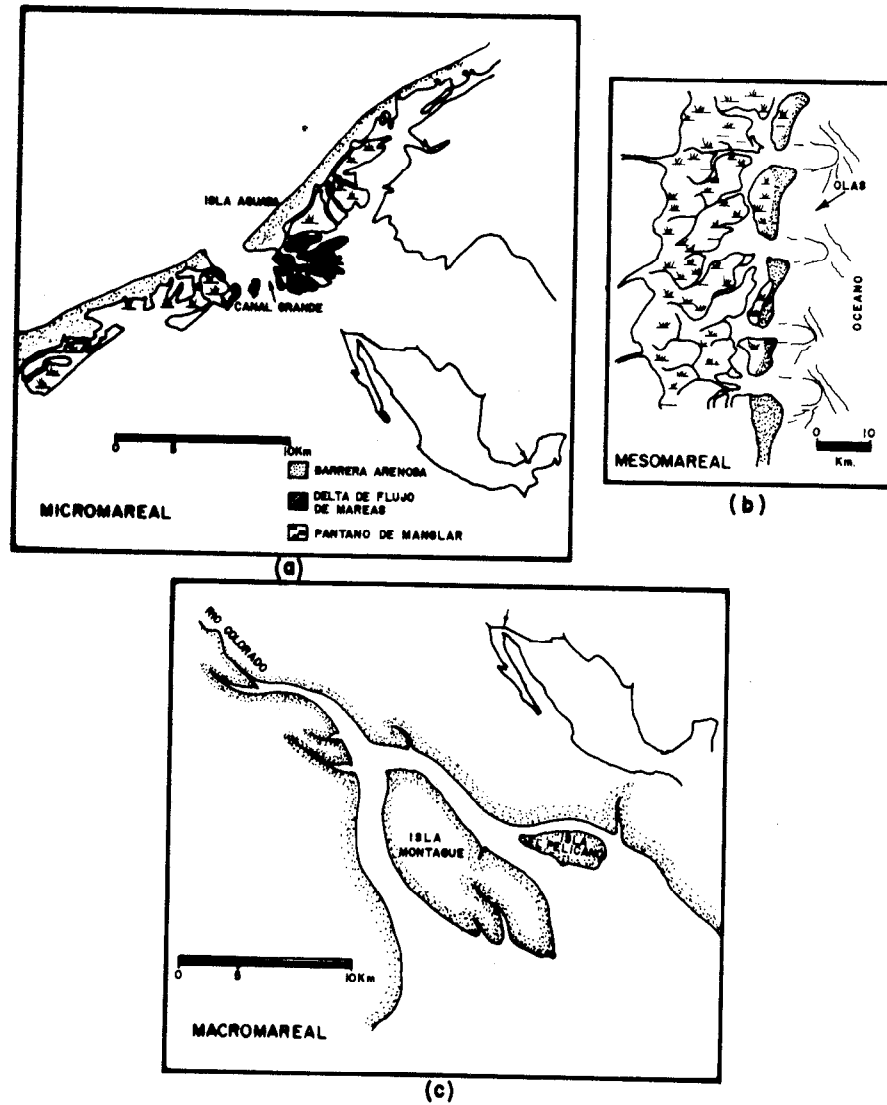
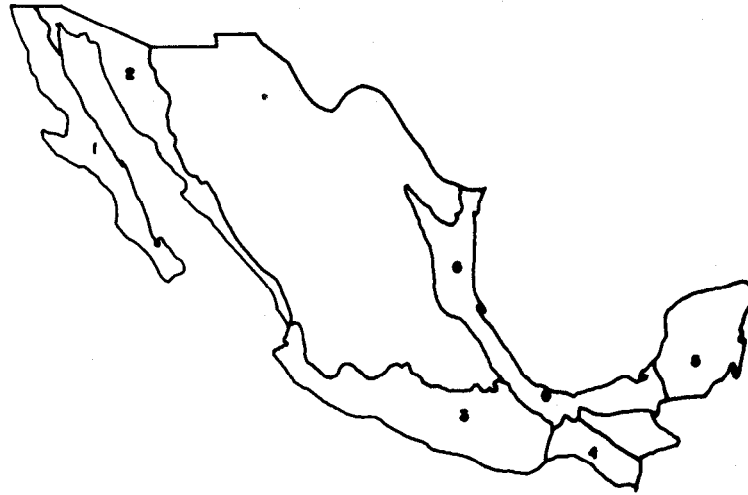


Figura 15. Formas de costa de acuerdo al intervalo de mareas. (a) Tipo micromareal, barrera arenosa de la laguna de Términos. (b) Tipo mesomareal, margen occidental de la Península de Baja California. (c) Tipo macromareal, delta del Río Colorado. (a y c Modificado de INEGI, carta topográfica esc. 1:250 000; b Modificado de Klein, 1985).



PROVINCIA	SUBPROVINCIAS
1. Península de Baja California	a. Sierras San Pedro Mártir-Juárez y Giganta. b. Llanuras costeras de Vizcaíno-Magdalena c. Bloque de los Cabos
2. Llanura Costera Oriental del Golfo de California	a. Delta del Colorado b. Desierto de Sonora c. Cuenca del Río Sonora d. Cuenca Yaqui-San Lorenzo-Acaponeta e. Cuenca Lerma-Santiago
3. Sierra Madre del Sur	a. Bloque de Cabo Corrientes b. Cuenca del Balsas c. Cuenca Papagayo-Tehuantepec
4. Istmo de Tehuantepec-Sierra Madre de Chiapas	a. Golfo de Tehuantepec b. Sierra de Chiapas
5. Península de Yucatán	a. Costa del Caribe b. Costa del Golfo
6. Llanura costera del Golfo	a. Cuenca Sabancuy-Términos-Atasta b. Cuenca Coatzacoalcos-Uxpanapa. c. Llanura Tamaulipeca d. Cuenca Norte de Veracruz

Figura 16. Provincias litorales de la República Mexicana.

Llanura Costera Oriental del Golfo de California. Constituida por una llanura alargada extensa en el norte y angosta hacia el sur, acunándose en el bloque montañoso de Cabo Corrientes. En su mayor parte la llanura está cubierta por materiales depositados por los grandes ríos que descargan hacia el Golfo de California, originados en la Sierra Madre Occidental. Se observan grandes complejos deltáicos como los formados por los ríos Colorado, Yaqui, Fuerte (en el norte de la provincia) y el del Río Grande de Santiago (en el sur de la provincia). En el noroeste del Estado de Sonora la región costera está dominada por una extensa área de dunas que se internan hasta la Sierra del Pinacate. En esta provincia costera se ubican 22 lagunas, manteniendo el mismo criterio de escala que en el caso anterior: Estero La Pinta, Bahía San Jorge, Bahía Kino, Estero Tastiola, Laguna Guaymas, Bahía Guásimas, Estero Algodones, Estero Lobos, Estero Tobarí, Bahía Yavaros, Estero Agiabampo, Bahía Lechuguilla, Bahía Topolobampo-Ohuira, Bahía San Ignacio-Novachiste, Bahía Playa Colorada-Santa María, Estero Pabellón, Estero Urías, Laguna Huizache-Caimanero, Laguna Grande, Laguna Teacapán-Agua Grande y Laguna Agua Brava.

Sierra Madre del Sur. Presenta sierras abruptas con pendientes fuertes. Es una zona que se caracteriza por su inestabilidad tectónica y sísmica. Existe una discontinuidad principal que rompe con el paisaje abrupto y que es la depresión del Balsas, por donde fluye el río del mismo nombre y que forma un gran complejo deltáico. En esta provincia se ubican 16 lagunas costeras cuyo tamaño es menor en relación con las otras provincias: Estero Navidad, Laguna Cuyutlán, Laguna Potosí, Estero Valentín, Estero El Tular, Laguna Nuxco, Laguna El Plan, Laguna Mitla, Laguna Coyuca, Laguna Tres Palos, Laguna Tecomate, Laguna Chautengo, Laguna Corralero, Laguna Minuyua, Laguna Chacahua y Laguna Pastoría.

Istmo de Tehuantepec-Sierra Madre de Chiapas. Esta provincia se extiende desde los estados de Oaxaca y Chiapas hacia el sur, adentrándose a Centroamérica. Al igual que la provincia anterior se caracteriza por su inestabilidad tectónica y sísmica, sobresaliendo dos discontinuidades fisiográficas: la Llanura del Istmo de Tehuantepec con una amplitud y extensión importante, y hacia el sur la angosta llanura costera de Chiapas. Se ubican 7 lagunas costeras sobre el litoral del istmo: Laguna Superior, Laguna Inferior, Mar Tileme, Mar Muerto, Laguna La Joya y Estero Carretas.

Península de Yucatán. Está constituida por una plataforma calcárea emergida, cuyos rasgos fisiográficos sobresalientes son lomeríos suaves. Se caracteriza por tener un drenaje subterráneo interconectado por una red cavernosa "Karst", lo que explica la carencia de ríos superficiales. Sobre esta provincia se ubican 16 lagunas: Estero Celestún, Estero Yucalpetén, Laguna Rosada, Estero Islote, Estero Lagartos, Laguna Yalahua, Laguna Conil, Laguna Chakmochuk, Laguna Nichupté, Laguna Campechén,

Laguna Boca Paila, Laguna Tres Marías, Laguna Santa Rosa, Bahía Espíritu Santo, Laguna Guerrero y Laguna San José.

Llanura Costera del Golfo de México. Constituida por una amplia llanura que se extiende desde el sureste de los Estados Unidos de Norteamérica y el Estado de Tamaulipas, interrumpida hacia el sur en el área volcánica de los Tuxtlas, continuándose en los estados de Tabasco y Campeche. En el norte de la provincia, la fisiografía costera se caracteriza por lomeríos alternados con llanuras, mientras que en el sur abundan las zonas de inundación con pantanos perennes. La llanura está cubierta por depósitos sedimentarios aluviales, aportados principalmente por ríos como el Bravo, Pánuco, Grijalva, Usumacinta, Coatzacoalcos y Papaloapan. Importantes complejos fluviales se desarrollan en esta área, dando como consecuencia amplias llanuras de inundación. Sobre este margen costero se ubican 22 lagunas: Laguna Madre, Laguna Morales, Laguna San Andrés, Laguna Chairel, Laguna Pueblo Viejo, Laguna Tamiahua, Laguna Tampamachoco, Laguna Grande, Laguna Farallón, Laguna Mandinga, Laguna Camaronera, Laguna de Alvarado, Laguna Sontecomapan, Laguna Ostión, Laguna Carmen, Laguna Machona, Laguna Mecoacán, Estero Chiltepec, Laguna Pom, Laguna Atasta, Laguna de Términos y Estero Sabancuy.

AMBIENTES COSTEROS

La diversidad de condiciones en formas y dinámica del medio costero da lugar a ambientes claramente distinguibles entre sí, sea por el tipo de sus sedimentos, geformas u otro tipo de variables oceanográficas.

Playas

Son depósitos sedimentarios costeros que morfológicamente se pueden subdividir en: cara de playa y espalda de playa en relación con la posición que guarda la parte de la playa respecto al mar. La cara o frente se inclina hacia el mar y la espalda o postplaya lo hace en sentido contrario. El límite entre estas partes se conoce como berma y marca el punto más lejano hacia tierra influido por la acción erosiva del oleaje de tormenta (Fig. 17). Las estructuras que se pueden desarrollar en las playas son de lo más diverso, empezando por su estratificación cruzada, con ángulos de inclinación al mar de 8° a 10°. Además se pueden observar rizaduras creadas durante el flujo y reflujo de las corrientes generadas por la marea, los cuspidos, los pavimentos de conchas y las galerías construidas por animales excavadores (bioturbación). Las playas suelen modificar su aspecto y perfil estacionalmente de acuerdo con el tipo de oleaje incidente.

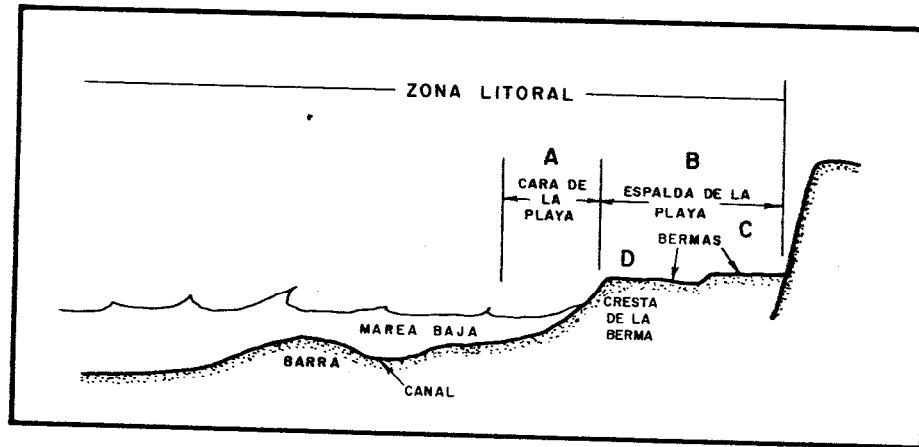


Figura 17. Perfil de playa a) cara de la playa; b) espalda de la playa; c) bermas; d) cresta de la barra (Modificado de Komar, 1976).

En términos generales, en el país, en invierno y parte de la primavera aumenta la energía del oleaje y de las corrientes litorales, lo que hace prevalecer un régimen neto de tipo erosivo. En verano prevalece un régimen neto de depósito lo que da lugar al desarrollo de playas. Las playas son finalmente, el resultado del balance global de sedimentos en las costas. Si la tasa de suministro de sedimentos al litoral es mayor que la velocidad con que éstos son transportados lejos de la costa entonces se formarán las playas, en caso contrario se tendrán costas rocosas o de materiales de gran tamaño.

Islas de Barrera

Son depósitos de arena generalmente alargados y paralelos a la línea de costa que emergen en forma permanente sobre el nivel medio de marea alta (Fig. 15 a). El proceso más importante en la formación de estos depósitos son los sistemas de oleaje generados por el viento. La altura de las olas, su periodicidad y longitud, así como la profundidad a la cual se remueven los sedimentos son directamente proporcionales a la velocidad del viento y a la extensión de la superficie del mar sobre la cual sopla. Consecuentemente, durante las tormentas la acción del oleaje es más efectiva como agente transportador de sedimentos y erosionador de la línea de costa (Komar, 1976). La orientación de los trenes de olas en relación con la línea de costa es un factor crítico en el desarrollo de playas e islas de barrera. Si estos grupos de olas se aproximan a la

costa en forma oblicua generan corrientes a lo largo del litoral, que transportan sedimentos paralelamente a la costa, favoreciendo el desarrollo de lenguetas, ganchos e islas de barrera. Si la aproximación de las olas a la costa es perpendicular se tienden a generar fuertes corrientes de retorno en sentido contrario al del tren de olas, transportando sedimentos mar adentro (Fig. 18).

Deltas

Los depósitos deltáicos resultan de la interacción de la energía del oleaje, el régimen de mareas, las corrientes y el clima que modifica y dispersa el material clástico transportado hacia el mar por grandes corrientes fluviales. En un amplio sentido los deltas son depósitos subaéreos y subacuáticos formados por sedimentos fluviales aunque estos posteriormente, como arriba se dijo, son modificados por el oleaje, corrientes y mareas dando lugar a una variada relación de formas y subambientes que incluyen canales, barras en la boca del río, planicies de mareas, playas, dunas, pantanos, marismas, planicies evaporíticas, etc. (Fig. 19 a). Una acumulación deltáica requiere de un sistema fluvial que aporte cantidades grandes de sedimentos, esto generalmente estará definido por el tamaño de la cuenca de drenaje y la cantidad de lluvia precipitada sobre ella. Por su importancia destacan en el país los deltas de los ríos Colorado, Yaqui, Mayo, Balsas, Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Pánuco y Bravo (Fig. 19 b).

Estuarios

Son cuerpos de agua de mar, marginales, semicerrados, en los que la salinidad es sensiblemente diluida por descargas fluviales (Fig. 20 a). Las mareas tienden a dominar el patrón de sedimentación en los estuarios aún en las costas con intervalos de mareas cortos. Los sedimentos estuarinos consisten típicamente de arena fina bien seleccionada y lodos. La arena puede ser introducida principalmente desde el mar, mientras que los lodos son aportados por la descarga del río, por lo que la tendencia es que los sedimentos en un estuario llegan a ser más finos "aguas arriba". Las mareas modelan el interior de los estuarios dando lugar a complejos desarrollos de planicies y canales de marea (Fig. 20 b).

Planicies de marea

Las planicies de marea tienden a desarrollarse más en costas abiertas de bajo relieve y relativamente baja energía. Casi siempre están asociadas a estuarios, lagunas y deltas (Figs. 19 a y 20 a). Otras condiciones que favorecen su formación son los amplios intervalos de marea y un oleaje muy reducido. La extensión de estas planicies es muy variable, pero puede alcanzar hasta cientos de km² de superficie, como ocurre

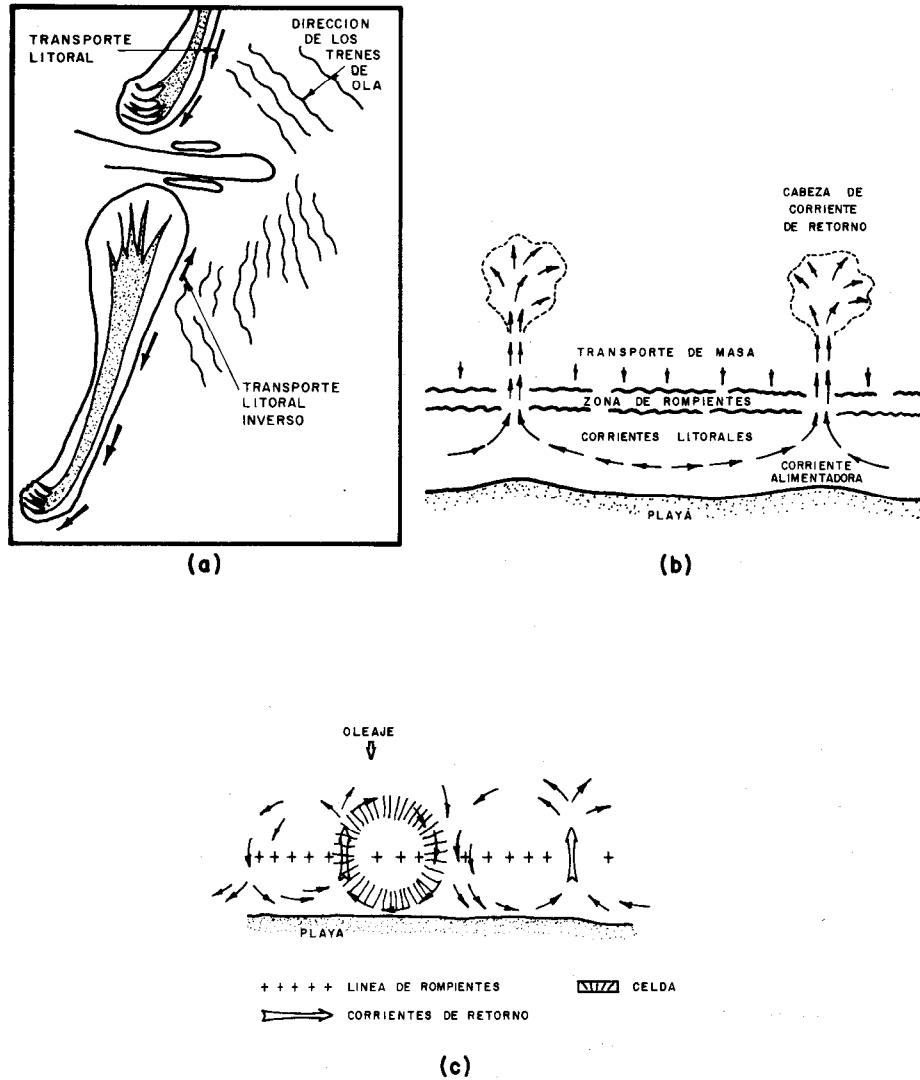


Figura 18. Dinámica de las playas. a) Desarrollo de islas de barrera; b y c) Desarrollo de corrientes litorales y de retorno (a Modificado de Klein 1985; b modificado de Kennet, 1982; c Modificado de Frias y Moreno, 1988).

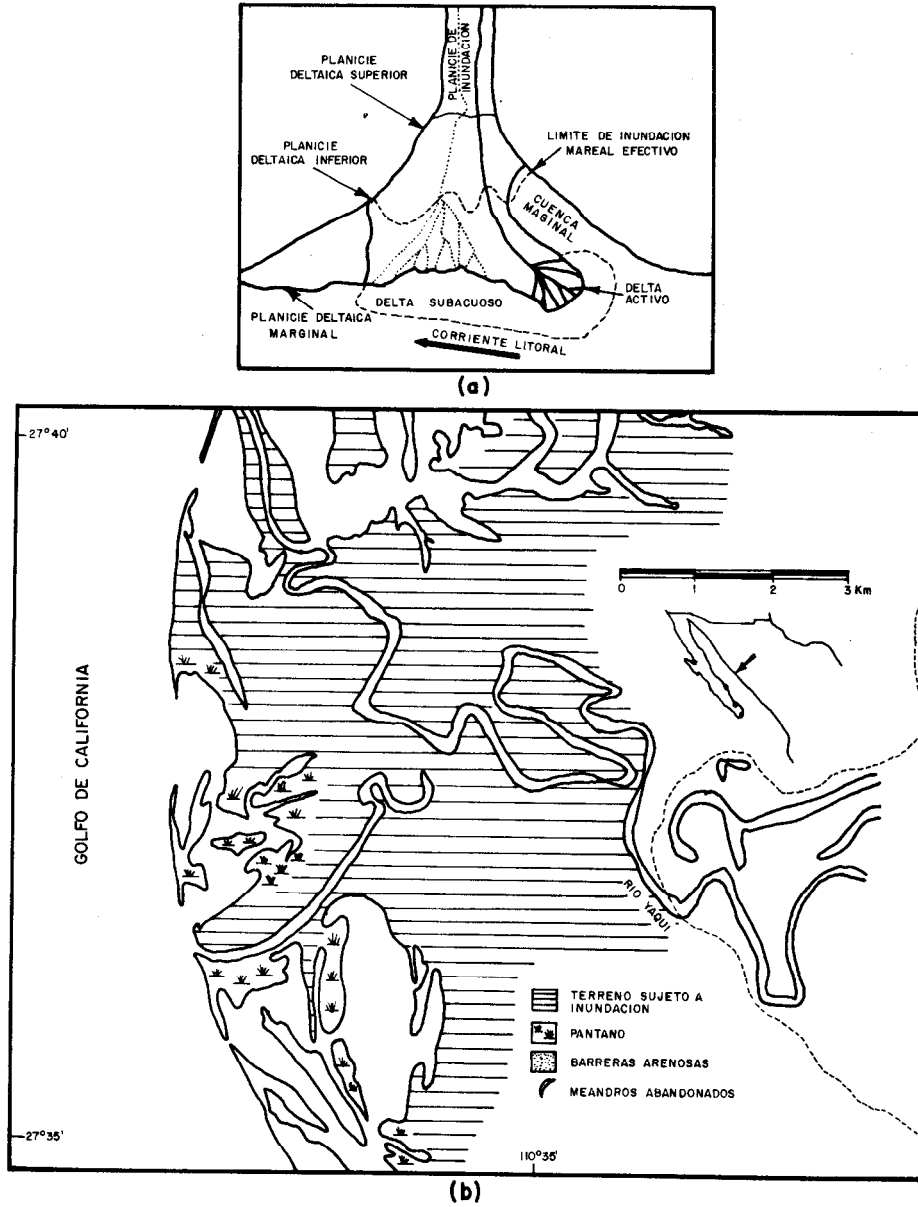
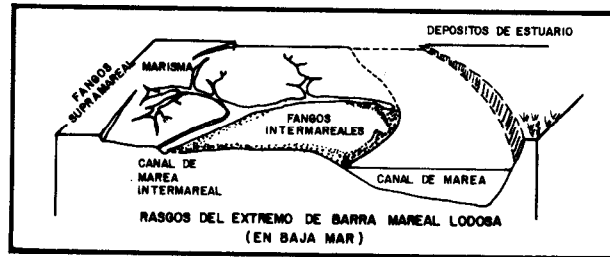
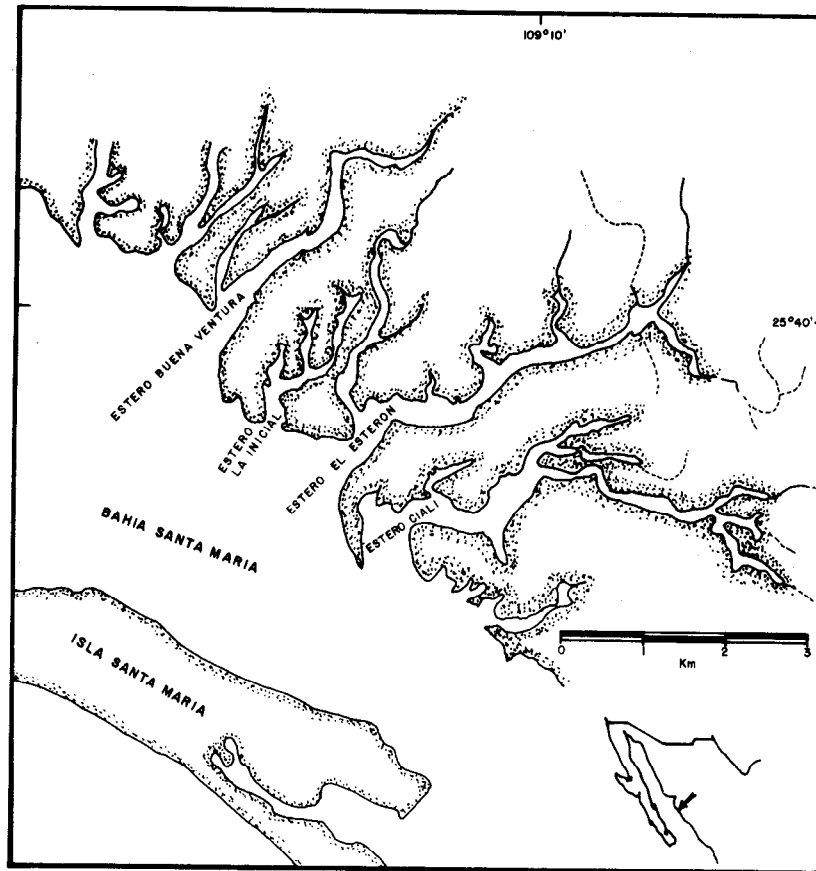


Figura 19. a) Modelo deltáico. b) Delta del Río Yaqui (a Modificado de Coleman y Prior, 1982. b; Modificado de INEGI, carta topográfica esc. 1: 50 000).



(a)



(b)

Figura 20. a) Modelo estuarino. b) Estuarios de la Laguna Topolobampo (a; Modificado de Clifton, 1982. b; Modificado de INEGI, carta topográfica esc. 1:50 000).

característicamente en las costas del norte del Golfo de California. El desarrollo de las planicies de marea depende también del tipo de flora y fauna, así como de la forma de la costa, y está compuesta por la región intermareal y la submareal. La primera es aquella que permanece entre los límites de alta y baja marea, abarcando la mayor superficie de la planicie. El ambiente submareal es el inmediato adyacente al límite de bajamar y recibe sedimentos desde la región intermareal. En ambas regiones los animales y plantas que lo habitan juegan un papel importante atrapando sedimentos, generándolos, formando estructuras nuevas o destruyendo otras. Las planicies de marea son ambientes muy extremosos, porque están sujetos a cambios diarios en corrientes, tirante de agua, salinidad, temperatura, desecación, erosión y depósito.

Canales de marea

Los canales de marea son de dos tipos; los principales, que suministran agua y sedimentos a las planicies de marea con sedimentos arenosos en su fondo, y los secundarios, que están muy relacionados con los sedimentos de las planicies de marea y que, debido a sus cortos tirantes de agua y baja energía, dan lugar a depósitos de material fino en capas delgadas mal seleccionadas (Figs. 19 b y 20 a).

Dunas

Las dunas son depósitos de origen eólico en forma de colinas o montes bajos, generalmente asociados a climas cálidos y secos, aunque se llegan a observar campos de dunas en regiones de latitudes medias y altas. Tradicionalmente rasgos tales como ausencia de fósiles marinos, impresiones de lluvia, grietas de desecación, estratificación cruzada y buena selección de sedimentos finos de arena han servido para distinguir este tipo de depósitos. La morfología típica de una duna incluye el sotavento o cara de deslizamiento, el barlovento, la cresta, el borde y las capas acunadas (Fig. 21). El número de caras de deslizamiento puede ir de cero a tres o cuatro, dependiendo de la dirección y sentido de los vientos dominantes en la región a lo largo del año. A mayor complejidad del régimen de vientos corresponden formas de dunas más complejas. Las formas de dunas más comunes son los barjanes, las transversas, las parabólicas, las lineales y las estrelladas. Los campos de dunas desarrollados a lo largo de la costa tienen una relación directa con el material sedimentario acumulado en las playas, desde donde el viento entresaca la arena fina y la deposita más allá de la postplaya.

Lagunas costeras

En la terminología aplicada a la zona costera es común la amplitud con la que son conceptualizados algunos de sus rasgos morfológicos. Uno de esos casos y quizás el de

mayor relevancia es el que se refiere al de "laguna costera". A veces se define como un cuerpo de agua de mar somero cercano o en comunicación con el mar abierto y parcial o completamente separado de él por una franja de tierra emergida, que puede ser un arrecife, isla de barrera o banco de arena. Sin embargo, a este tipo de rasgos también se les ha aplicado el nombre de ensenadas, esteros o bahías, dificultando en ocasiones el establecimiento de un concepto común a los que estudian este importante ambiente litoral. Aquí se empleará el término de laguna costera para referirse a aquel cuerpo de agua de mar acumulado en una depresión de la zona costera con profundidades menores a los 50 m, que mantiene comunicación con mar abierto a través de uno o varios canales y que está protegida por una porción de tierra emergida con forma, composición y origen variado. Como ya ha sido señalado antes, los ambientes lagunares actuales se han originado a partir de la elevación del nivel del mar (n.m.), ocurrida desde hace aproximadamente 18 mil años, y que alcanzó una relativa estabilización 5 mil años A.P. A partir de entonces, la variación del n.m. ha sido de + 5 m. Los cambios promedio en la elevación del n.m. en el presente siglo se han calculado en aproximadamente 2.8 mm/año en el Golfo de México a partir de registros mareográficos (Pirazzoli, 1989), aunque en forma global los valores varían entre 1.0 y 1.5 mm/año (Pirazzoli, 1990), sin considerar la aparición de fenómenos nuevos que seguramente influirán en este proceso, como el incremento del gas CO₂ en la atmósfera y el aumento en la temperatura del clima mundial.

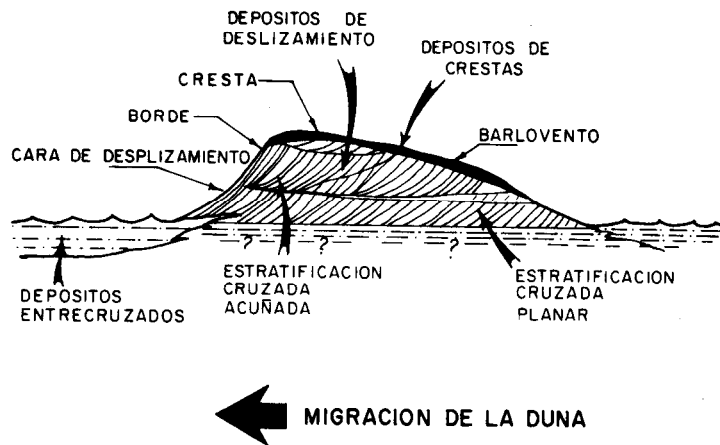


Figura 21. Morfología y estructura interna de una duna (Modificado de Ahlbrandt y Fryberger, 1982).

Se han sugerido varios mecanismos transgresivos que pudieron influir en la configuración de las lagunas costeras actuales. Uno de ellos es el retroceso de las barreras arenosas, por erosión de su flanco expuesto al mar abierto durante una relativa elevación del nivel del mar (Fig. 22 a). Otro modelo es el de "inundación", donde las barreras o cualquier otro tipo de cuerpo arenoso costero quedó sumergido durante la transgresión holocénica cuando la rompiente del oleaje "saltó" del flanco expuesto al mar abierto hacia el flanco protegido del cuerpo arenoso. Este mecanismo parece probable cuando la velocidad de ascenso del n.m. es más rápida y la pendiente de la superficie que está siendo inundada es suave (Fig. 22 b). También se ha demostrado que sedimentos transportados por corrientes a lo largo de la costa van formando ganchos, acrecionándose hasta construir barreras arenosas. En este caso, el transporte de sedimentos por oleaje puede suministrar más sedimentos (Fig. 22 c). Otro modelo sugiere que los lomeríos de depósitos de sedimentos formados por la acción del viento, desarrollados durante las glaciaciones, quedaron parcialmente sumergidos durante las interglaciaciones, y que las zonas colocadas entre los depósitos y la línea de costa se convirtieron durante el Holoceno en lagunas, al sobrevenir corrientes litorales que junto con la acción del oleaje formaron las islas de barrera tal como hoy se observan (Fig. 22 d).

Una parte importante en el reconocimiento de las lagunas costeras es distinguir las diferentes facies sedimentarias y unidades geomorfológicas que las constituyen. En la figura 23 se presenta un mapa generalizado de ellas y dos secciones en un sistema barrera-laguna que muestran las relaciones en tiempo y espacio de las facies sedimentarias de: deltas de flujo y reflujo de mareas en la "boca" lagunar, planicies y canales de marea, marismas de pastos y manglares, cordones de dunas, ganchos de acreción de la barrera arenosa, playas y depósitos de tormenta.

LAGUNAS EN LOS LITORALES MEXICANOS

Lankford (1977) clasificó las lagunas mexicanas en cinco tipos: de erosión diferencial, de sedimentación terrígena diferencial, de plataforma interna con barrera, orgánicas y tectónicas. Sin embargo, es difícil encontrar una explicación por uno de estos tipos u orígenes y persisten dificultades en la tipificación de un cuerpo costero como lagunar, bahía, estuario, ensenada. A continuación se presenta una descripción de las facies sedimentarias, caracteres geomorfológicos y del ambiente físico de diferentes lagunas de los litorales mexicanos.

Debe hacerse notar que la mayor superficie de los litorales con lagunas costeras son realmente sistemas lagunares complejos en proceso de azolvamiento sedimentario o de maduración del margen litoral. Tales son los casos de los sistemas lagunares de

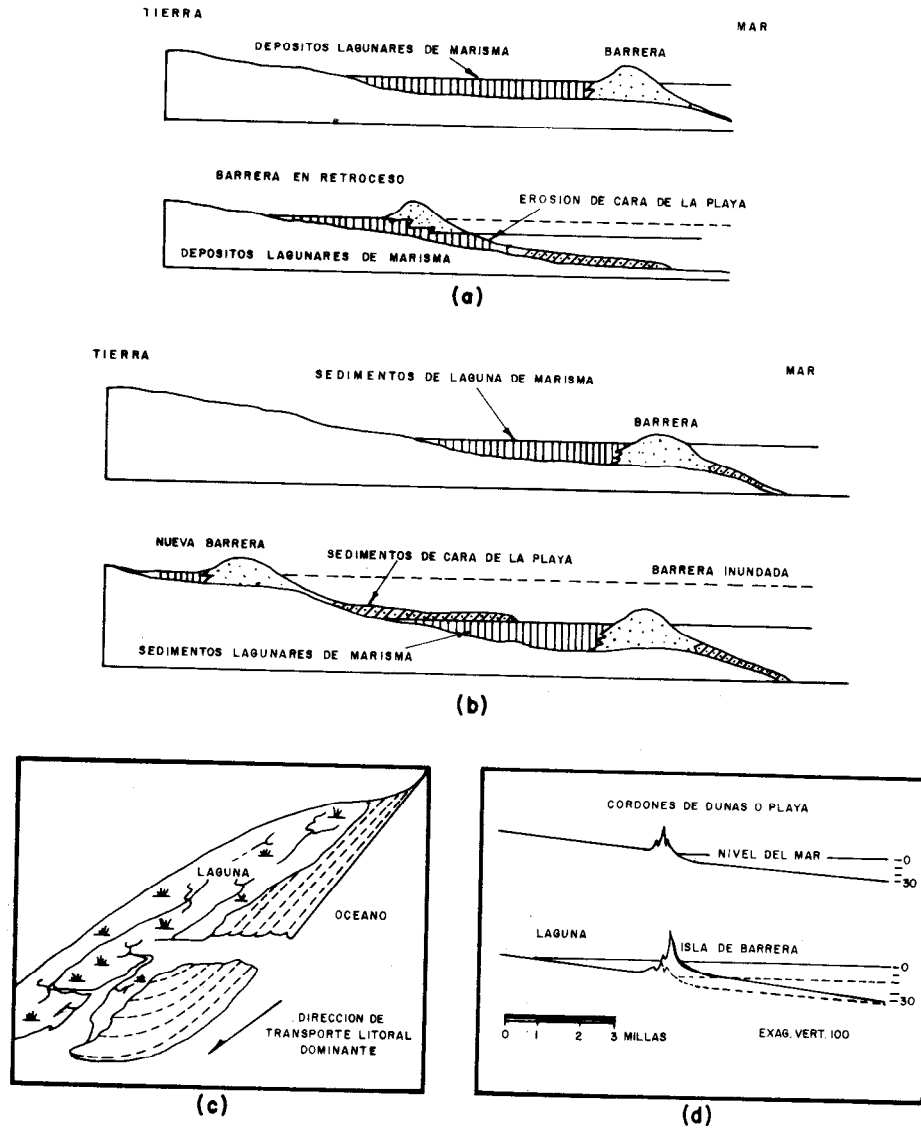


Figura 22. Mecanismos de formación de las lagunas costeras. a) retroceso de barreras arenosas. b) inundación de barrera arenosa. c) formación de barrera por corrientes litorales. d) reactivación de barreras arenosas (Modificado de Klein, 1985).

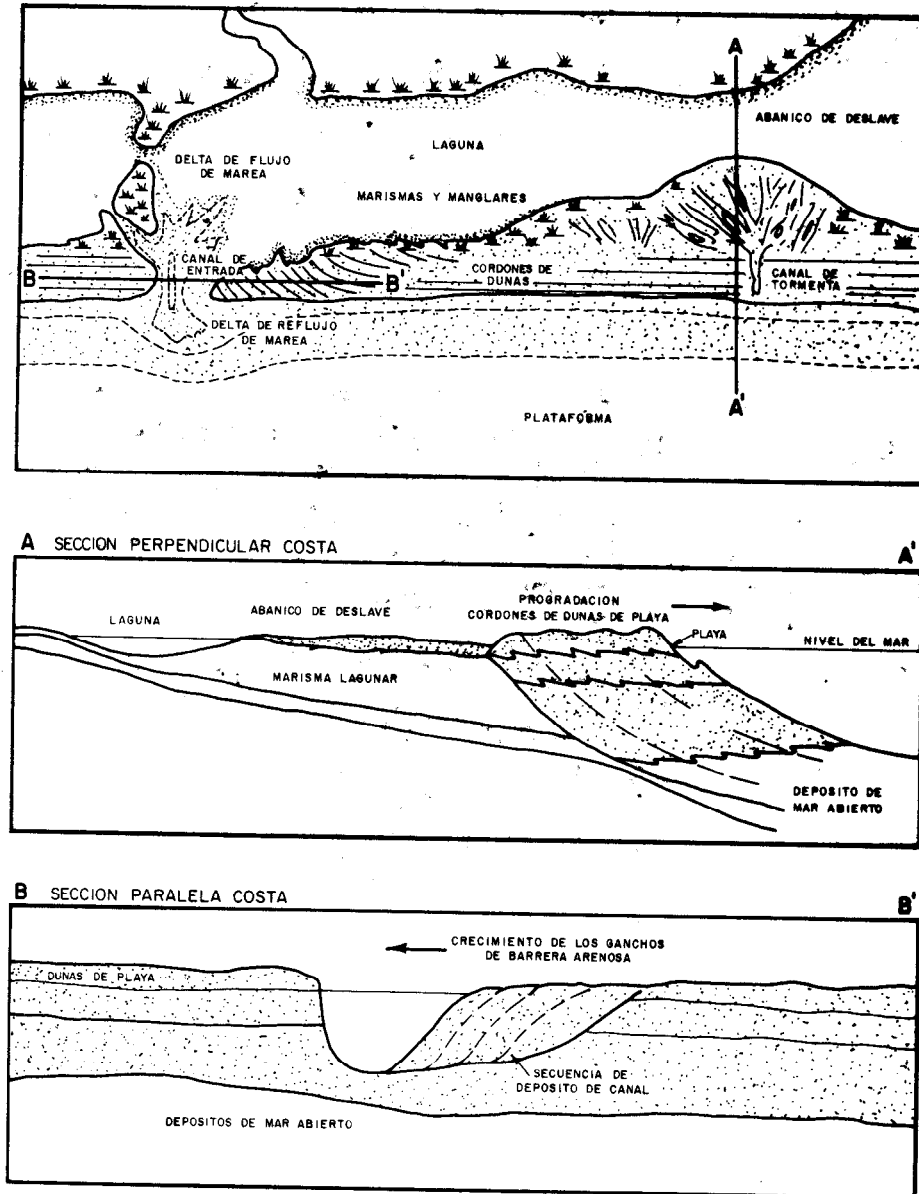


Figura 23. Mapa generalizado de una laguna costera y secciones perpendicular y paralela a la costa (Modificado de McCubbin, 1982).

Pom-Atasta-Términos-Sabancuy en el Golfo de México (Fig. 24), Huizache-Caimanero Teacapán-Agua Brava en la costa oriental del Golfo de California (Fig. 25) o el de Mar Muerto-Inferior-Superior en el Golfo de Tehuantepec (Fig. 26), ejemplos donde se aprecia que tales sistemas son remanentes de paleolagunas de mayor extensión y presumiblemente mayor profundidad que han sido progradadas por los sedimentos terrígenos provenientes de las partes altas adyacentes.

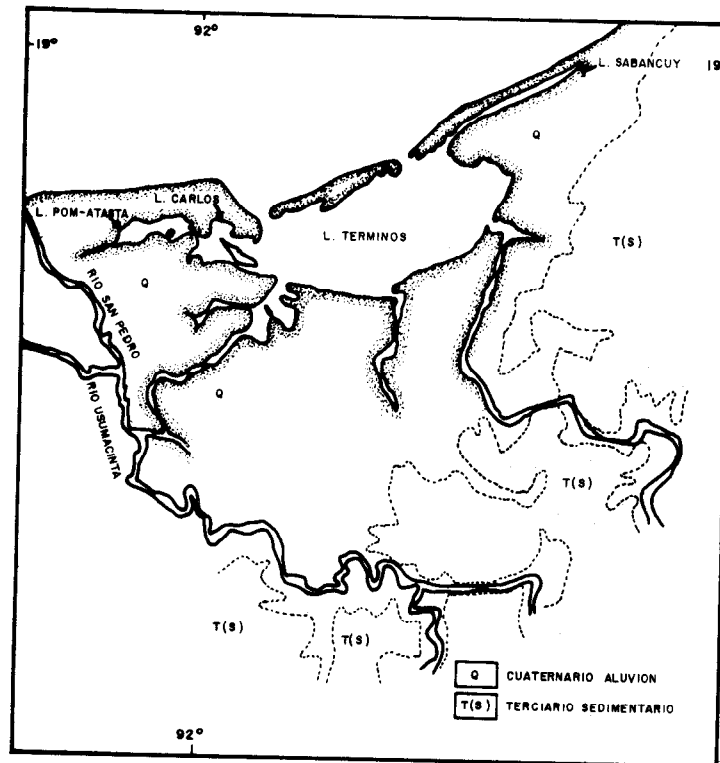


Figura 24. Sistema lagunar Pom-Atasta-Términos-Sabancuy en el Golfo de México (Modificado de INEGI, carta topográfica, escala 1:1 000 000).

PROVINCIA DE LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA

LAGUNA SANTO DOMINGO. Se encuentra en la costa occidental de la Península de Baja California entre los paralelos 25° 16' y 25° 30' Norte y los meridianos 112° 00' y 112° 08' Oeste, está limitada al sur por la Boca La Soledad y al norte por la Boca Santo Domingo (Fig. 27). Tiene una superficie aproximada de 75 km², se comunica al norte

con la Laguna Las Animas y al sur con las bahías Magdalena y Almejas, conformando un extenso sistema lagunar. La Laguna Santo Domingo tiene forma alargada paralela a la línea de costa, con una anchura promedio de 3 km y una longitud de 25 km, está separada del Océano Pacífico por una barrera arenosa de 1 km de ancho en promedio. La profundidad media de la laguna es de 1 m y registra máximas profundidades en las bocas y en el canal principal adyacente a la parte protegida de la barrera arenosa, donde hay más de 6 m (Fig. 28). El área se diferencia en tres regiones: la sur, caracterizada por su mayor anchura (hasta 4 km), abundantes islotes y extensas zonas de bajos; la central, donde chocan las ondas de marea que penetran por ambas bocas; y la norte, con anchuras promedio de 2 km, donde desemboca el Arroyo Santo Domingo, cuyas descargas sedimentarias en épocas de lluvia han contribuido a azolvar más rápidamente esta parte de la laguna. Los sedimentos predominantes en el fondo lagunar son arenas medias a finas, con arenas limosas y limos en las partes someras. Los sedimentos con fragmentos biógenos calcáreos, relativamente abundantes (del 5 al 20 %) sólo se presentan en parches aislados. Se observan en la fracción arenosa sedimentos fosfatados en forma de oolitos y peloides (Chávez y Sarracino, 1988).

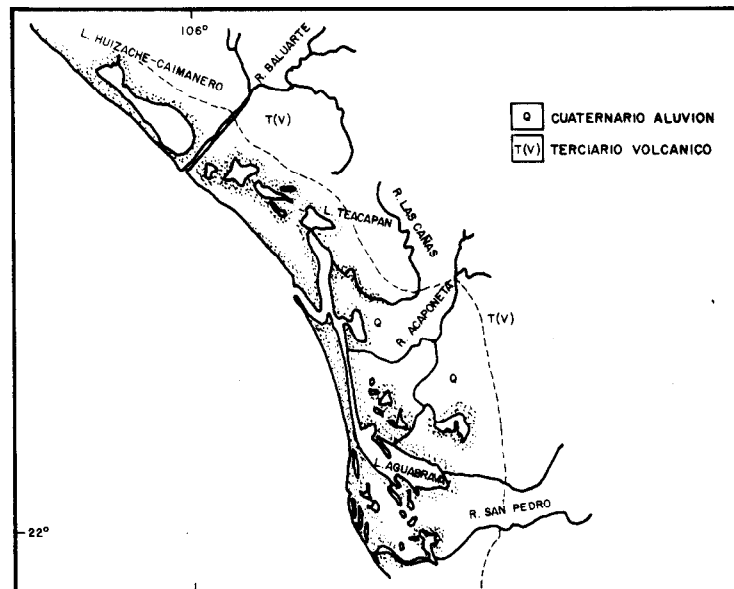


Figura 25. Sistema lagunar Huizache-Caimanero, Teacapan-Agua Brava en la costa oriental del Golfo de California (Modificado de INEGI, carta topográfica, esc. 1:1 000 000).

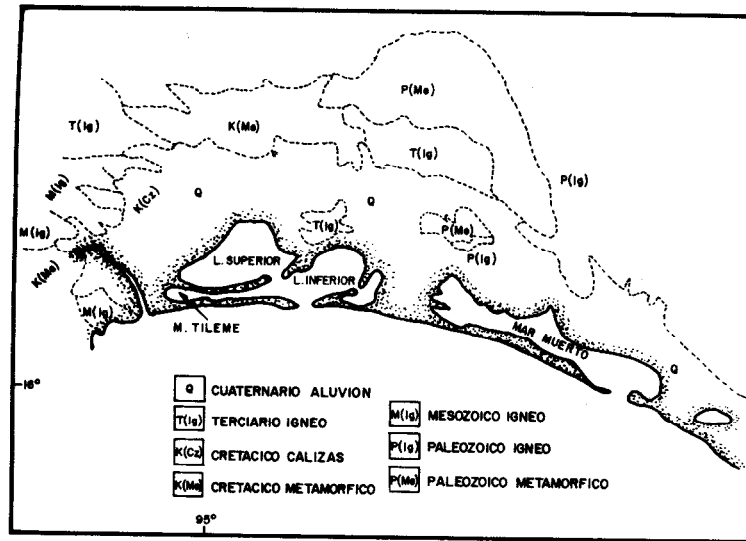


Figura 26. Sistema lagunar Mar Muerto-Inferior-Superior en el Golfo de Tehuantepec (Modificado de INEGI, carta topográfica, escala 1:1 000 000).

PROVINCIA DE LA COSTA ORIENTAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA

LAGUNA AGIABAMPO. Corresponde a un sistema estuarino lagunar localizado al sur de Sonora y norte de Sinaloa entre los paralelos 26° 05' y 26° 30' Norte y los meridianos 109° 05' y 109° 20' Oeste (Fig. 29). Está situada entre las llanuras deltáicas de los ríos Mayo al norte y Fuerte al sur. La Laguna Agiabampo está formada por tres cuencas interconectadas, la principal y central conocida como Estero Bacorehuis orientada NW-SE y unida al oeste con las cuencas del Estero Gitzamuri y de la Bahía de Bamocha. Este conjunto está separado de las aguas del Golfo de California por las barreras arenosas Punta Norte y Punta Partida, la primera tiene 16 km de longitud y la segunda 32 km, entre ellas está la boca que comunica el Golfo de California con el interior de la laguna. Tiene una superficie aproximada de 150 km², profundidades promedio de 5 m en el Estero Bacorehuis, 2 m en el Gitzamuri, 1 m en la Bahía Bamocha y 13 m en la boca. El Estero Gitzamuri y la Bahía Bamocha son alargados, con su eje paralelo a la línea de costa y una longitud de 18 y 8 km respectivamente, el Estero Bacorehuis es diagonal respecto de la línea de costa, con una longitud de 15 km y ancho de 3 km en promedio. Los sedimentos son principalmente arenosos, de grano medio a fino; las arenas arcillosas se localizan al sureste del Estero Bacorehuis y al norte y centro del Gitzamuri (Fig. 30). De la composición mineral de los sedimentos destaca el circón en concentraciones hasta del 5 %. La tasa de sedimentación es alta y

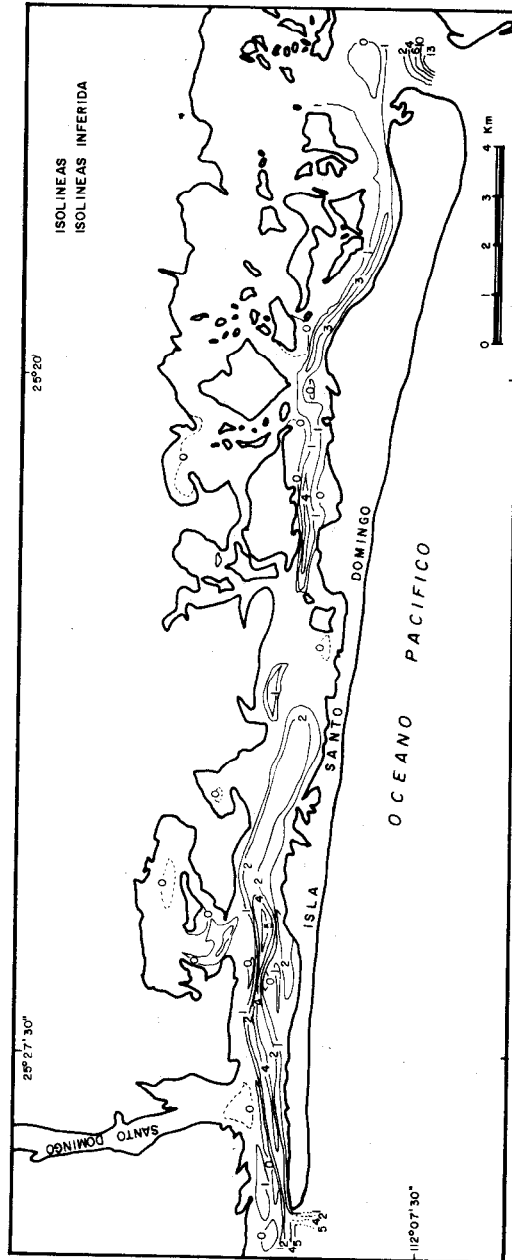


Figura 27. Toponimia y batimetría de la Laguna Santo Domingo, Baja California Sur (Modificada de Chávez y Sarracino, 1988).

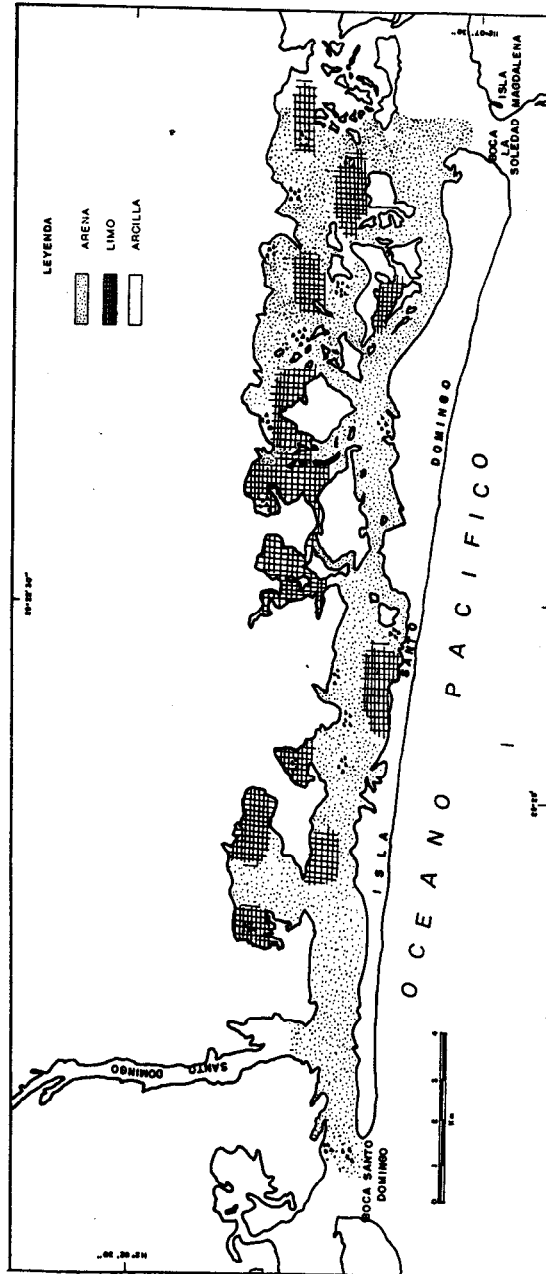


Figura 28. Sedimentos de la Laguna Santo Domingo, Baja California Sur (Modificada de Chávez y Sarracino, 1988).

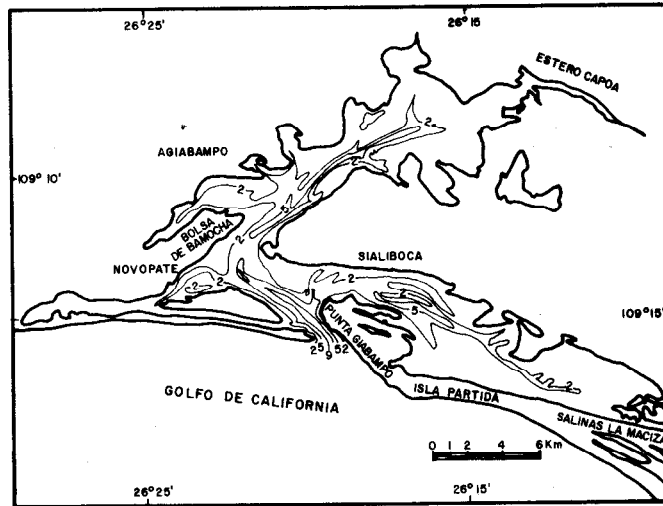


Figura 29. Toponimia y batimetría de la Laguna de Agiabampo, Sonora-Sinaloa (Modificado de Ayala-Castañares, et al., 1990).

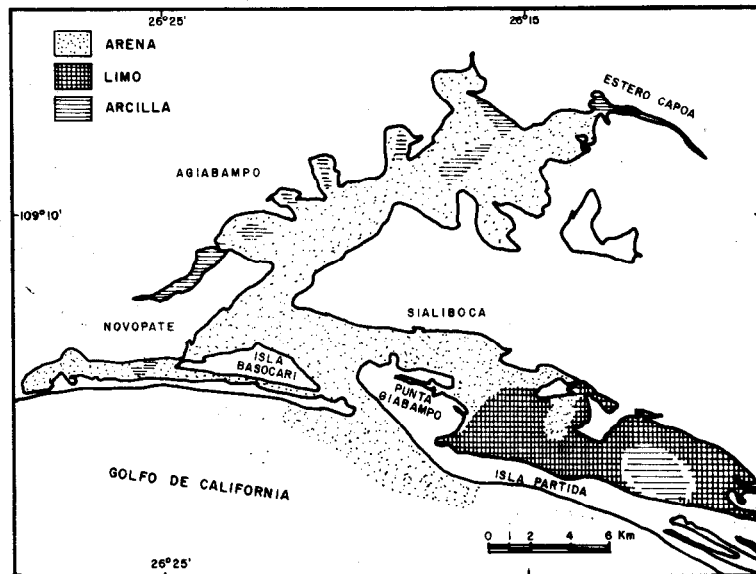


Figura 30. Sedimentos de la Laguna de Agiabampo, Sonora-Sinaloa (Modificado de Ayala-Castañares, et al., 1990).

está evidenciada por la acreción de los pantanos de manglar, la formación de islas, el relleno de canales y la existencia de amplias llanuras de inundación (Ayala-Castañares *et al.*, 1990).

LAGUNA SANTA MARIA LA REFORMA. Se encuentra en la costa oriental del Golfo de California entre los paralelos 24° 50' y 25° 10' Norte y los meridianos 107° 55' y 108° 20' Oeste en el Estado de Sinaloa (Fig. 31). Se comunica con otras dos cuencas, una al norte, la Laguna Playa Colorada, y otra al sur, la Laguna Santa María, que en conjunto conforman un extenso sistema lagunar. Al oriente está la planicie costera y al occidente la barrera arenosa Isla Altamura, de 45 km de largo, que separa el vaso de la laguna del Golfo de California; la comunicación entre estas aguas se realiza a través de dos bocas, una al noroeste entre las islas Saliaca y Altamura y otra al sureste, en el extremo sur de la Isla Altamura. La laguna tiene una forma alargada, con su eje mayor de 70 km de longitud paralelo a la línea de costa, su superficie aproximada es de 450 km², profundidades medias de 2 m, con máximos en las bocas de aproximadamente 8 m. Destaca la presencia de la Isla Talchichitle en la parte sur de la laguna, que establece dos provincias; una cuenca septentrional relativamente profunda y otra meridional somera, donde esta isla forma estrechos tanto con la barrera arenosa como con la margen continental. Los sedimentos dominantes en el fondo lagunar son arenas medias y finas con poca presencia de limos y arcillas, excepto en la parte central, donde parece que convergen las ondas de marea que penetran por ambas bocas (Fig. 32). De la composición mineral de los sedimentos destacan los altos porcentajes de minerales pesados en toda la laguna, pero particularmente en la cuenca septentrional, donde se registran contenidos hasta del 32 % de estos minerales (García, en prensa; Muhech-Jallath, en prensa).

LAGUNA TEACAPAN-AGUA BRAVA. Está situada en la costa oriental del Golfo de California entre los paralelos 22° 45' y 22° 10' Norte y los meridianos 105° 25' y 105° 45' Oeste, entre los estados de Sinaloa y Nayarit (Fig. 33). Este es un sistema lagunar conformado por la cuencas de las lagunas Agua Grande y Agua Brava, comunicadas por un largo canal de 56 km de longitud y aproximadamente 500 m de ancho en promedio. El sistema tiene una superficie aproximada de 160 km², es alargado, con su eje paralelo a la línea de costa, y se separa de las aguas de mar abierto mediante una barrera arenosa en forma de "Y" de 43 km de largo y anchos de 6 km a 500 m; se comunica con el Golfo de California a través de dos bocas: Teacapan al norte y Cuautla al sur. El sistema es somero, las mayores profundidades se registran en las bocas (de 6 a 8 m) y en los canales que comunican a las lagunas (de 3 a 6 m). En la Laguna Agua Grande las profundidades promedio son de 1 m y en Agua Brava de 1.7 m. Es alto el aporte de sedimentos al sistema a través de los ríos Las Cañas y Acaponeta, que desembocan en la parte media entre las dos lagunas, a partir de donde se redistribuyen los sedimentos por medio de las corrientes de marea. La amplitud de la superficie de

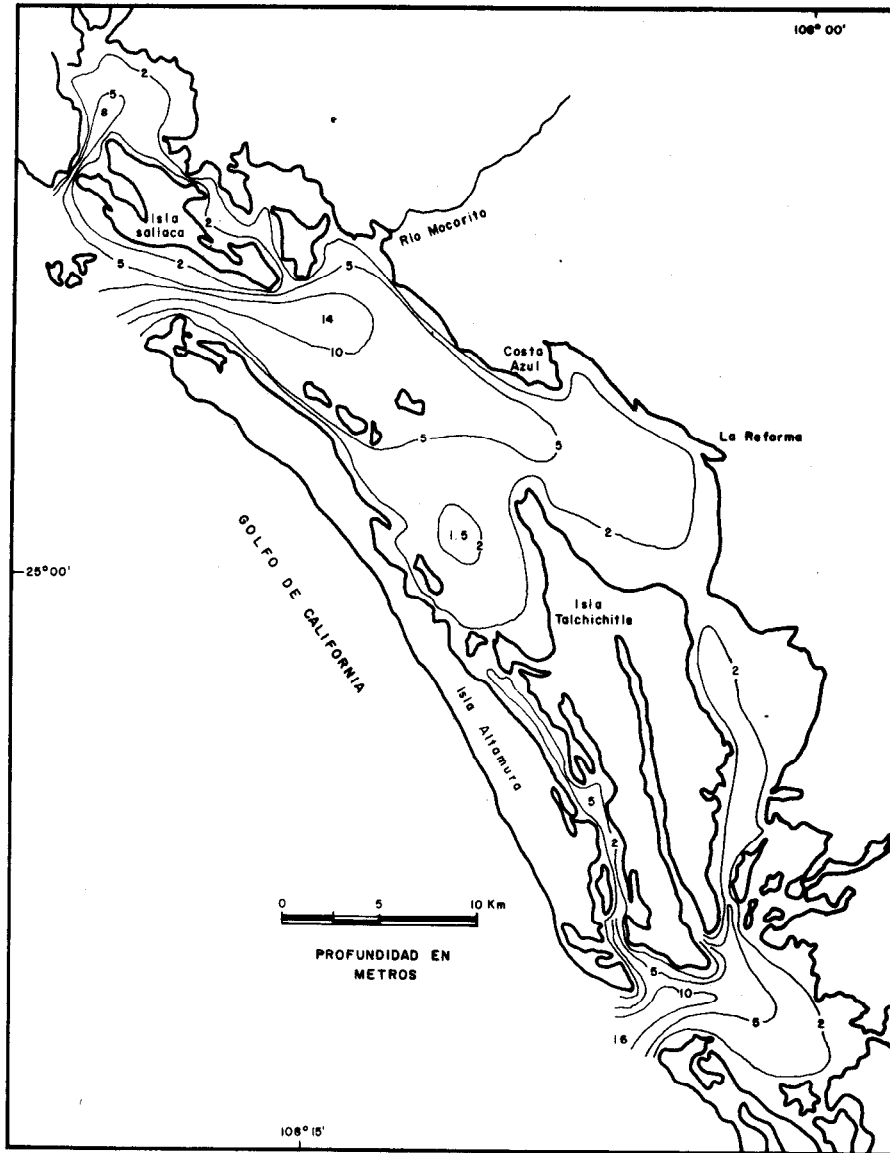


Figura 31. Toponimia y batimetría de la Laguna Santa María La Reforma (Modificado de Muhech-Jallath, inédito).

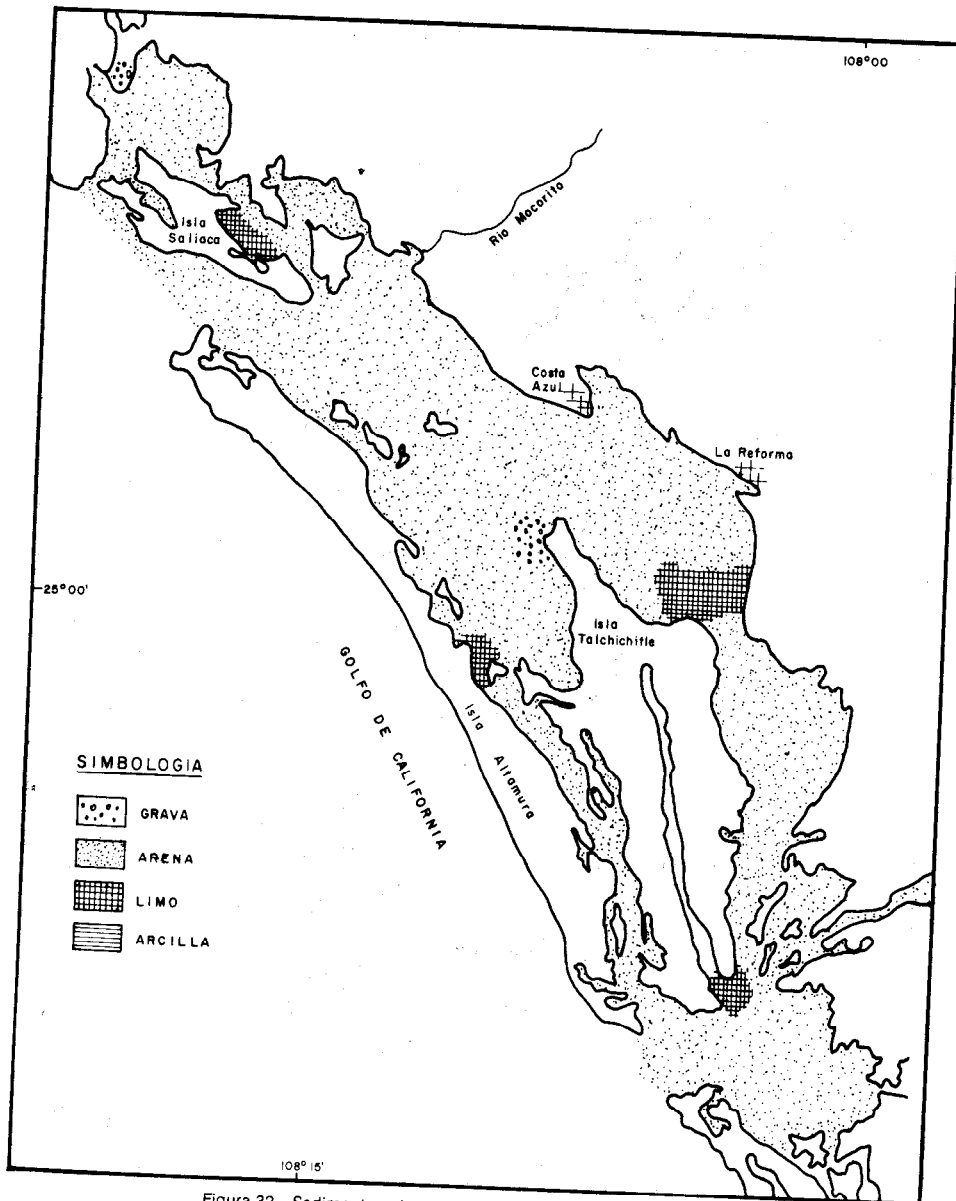


Figura 32. Sedimentos de la Laguna Santa María La Reforma, Sinaloa (Modificado de Muhech-Jallath, inédito y García, 1992).

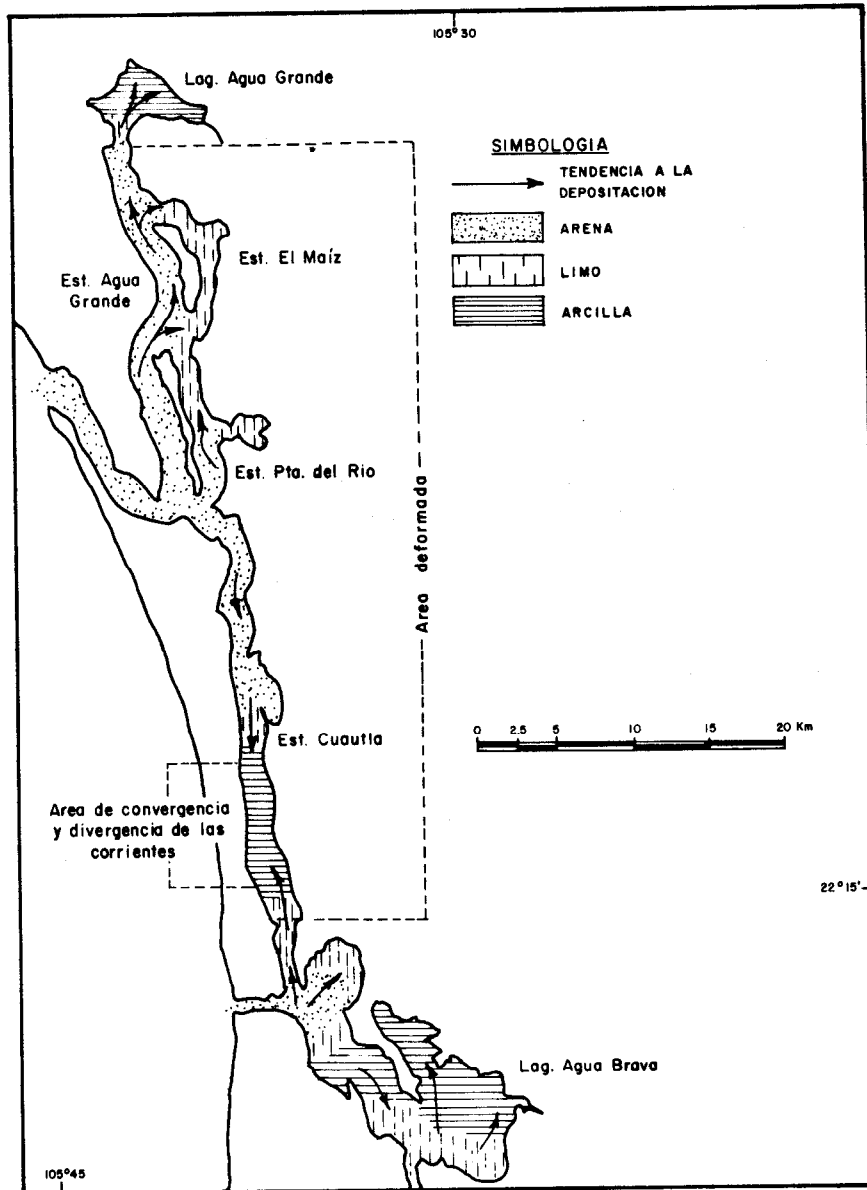


Figura 33. Toponimia y sedimentos de la Laguna Teacapán (Agua Grande)-Agua Brava, Sinaloa-Nayarit (Modificado de Muhech-Jallath, inédito).

las marismas y la morfología del sistema, sugiere un rápido azolve de la región, donde las lagunas son el remanente de una amplia paleolaguna. Los sedimentos son predominantemente arenosos en los canales, excepto al sur del Estero Cuautla, que es el punto de convergencia de las ondas de marea que penetran por ambas bocas. En las lagunas los sedimentos son predominantemente arcillosos, pero en la Laguna Agua Brava pueden distinguirse amplias zonas de limos (Fig. 33) (Muhech-Jallath, inedito).

PROVINCIA DE LA SIERRA MADRE DEL SUR

LAGUNA NUXCO. Está situada en la costa del Pacífico sur mexicano dentro de una estrecha planicie costera entre los paralelos 17° 11' y 17° 14' Norte y los meridianos 100° 47' y 100° 49' Oeste en el Estado de Guerrero (Fig. 34). Está limitada al norte por el flanco sur de la Sierra Madre del Sur, al oeste por una paleobarrera arenosa pleistocénica y al sur por una barrera arenosa activa que separa la laguna del Océano Pacífico. El Río Nuxco desemboca en el interior de esta laguna por la parte noreste, vertiendo una abundante carga sedimentaria en época de lluvias, ya que permanece seca la mayor parte del año. La laguna tiene una superficie aproximada de 6.5 km², tiene forma alargada, con su eje mayor oblicuo a la línea de costa y con una longitud de 4.5 km y un ancho de 2.5 km. La barrera arenosa activa mide aproximadamente 3 km de largo y 750 m de ancho, en su extremo oriental está la boca de aproximadamente 150 m de ancho, que permanece abierta sólo en septiembre, durante la época de lluvias. Son muy amplias las planicies de inundación y la laguna es somera, con profundidades máximas de 3.5 m en su parte central. Texturalmente, los sedimentos dominantes son las arcillas y los limos en la parte central y más profunda de la laguna. Las arenas sólo se localizan en la margen norte y en forma de parches aislados marginales (Fig. 35). La concentración de carbonatos es baja, entre 0 y 15 %. Esta laguna parece ser el remanente de un sistema lagunar más amplio, actualmente cubierto por llanuras de pastizales y pantanos, lo que puede indicar una alta tasa de azolvamiento, a pesar de que los aportes fluviales son estacionales (Gaitán, 1975).

PROVINCIA DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC-SIERRA MADRE DE CHIAPAS

LAGUNA SUPERIOR. Es parte de un amplio sistema de cuatro lagunas interconectadas del Istmo de Tehuantepec en la costa del Pacífico sur mexicano. Se localiza entre los paralelos 16° 15' y 16° 23' Norte y los meridianos 94° 45' y 95° 04' Oeste en el Estado de Oaxaca (Fig. 36). Está limitada al sur por un tómbolo que la separa de otra pequeña laguna llamada Mar Tileme, al oriente por una área de tierras altas que la separa de la Laguna Inferior, al norte y oeste hay una amplia planicie aluvial influida por varios ríos de los cuales el Tehuantepec es el más importante. La comunicación con el Pacífico (Golfo de Tehuantepec) se hace a través de la Laguna Inferior por la Boca Santa Teresa, que comunica las lagunas Superior e Inferior. La

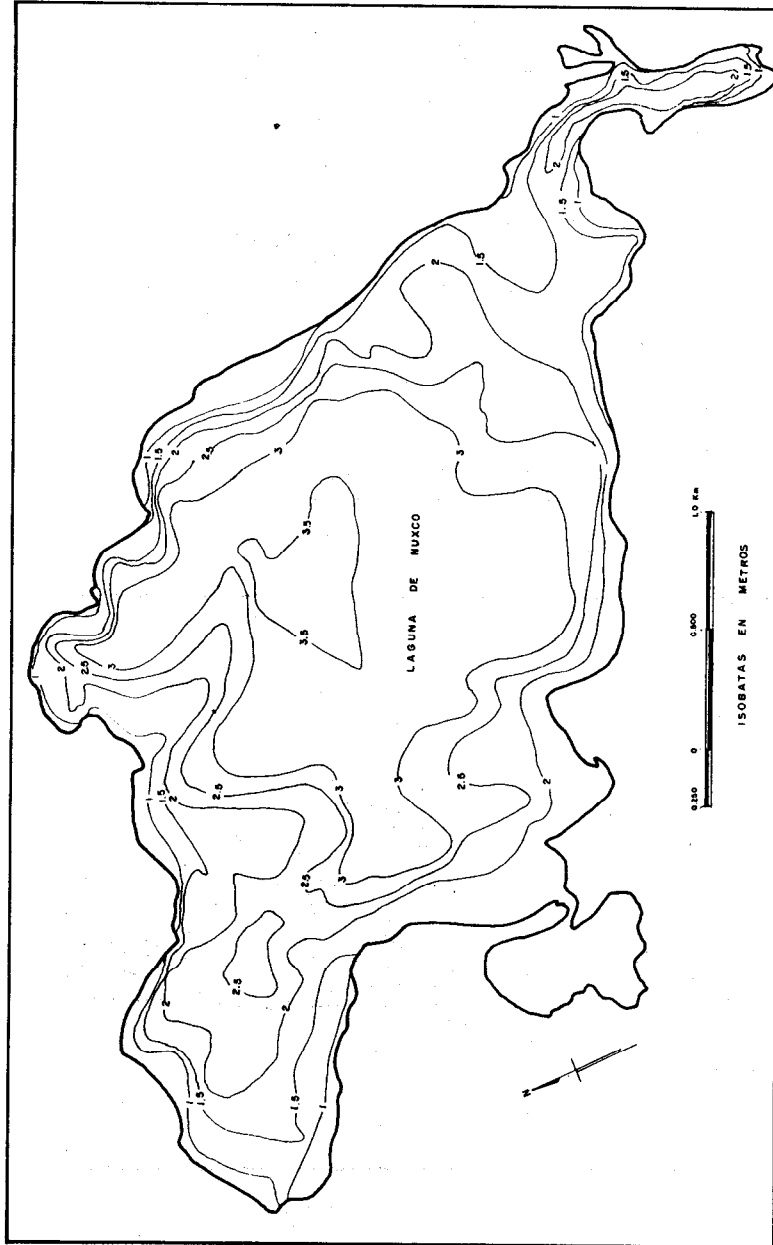


Figura 34. Batimetría de la Laguna Nuxco, Guerrero (Modificada de Gaitán, 1975).

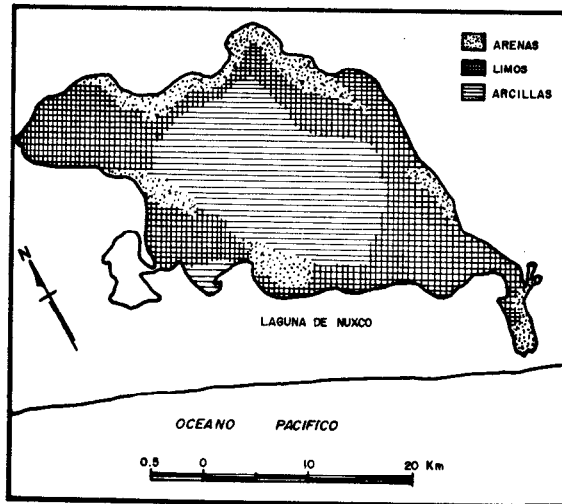


Figura 35. Sedimentos de la Laguna de Nuxco, Guerrero (Modificado de Gaitán, 1975).

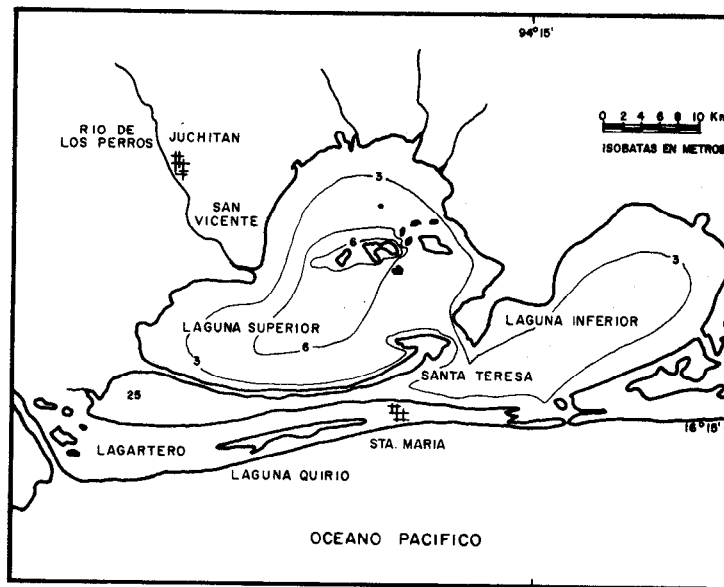


Figura 36. Toponimia y batimetría de la Laguna Superior-Inferior, Oaxaca (Modificado de Cromwell, 1985).

Laguna Superior tiene 350 km² de superficie y drenan hacia ella cinco ríos, de los cuales el más importante es Los Perros en la parte occidental. La forma de la laguna es elipsoidal, con su eje mayor ligeramente oblicuo a la línea de costa, con un rumbo NE-SW y una longitud de 40 km. Hay una docena de islas en su interior, pero el conjunto más importante de ellas está orientado en dirección E-W a partir del centro de la laguna. La barrera arenosa principal del sistema tiene 40 km de longitud y un ancho promedio de 4.5 km. Las profundidades máximas están alrededor de las islas centrales y van de 6 a 8 m, formando la mayor cuenca de la laguna. Los sedimentos del fondo son arcillo limosos, con menos del 5 % de arenas; el contenido de arenas se incrementa alrededor de las islas centrales y en la boca que la comunica con la Laguna Inferior y cerca de las margenes sur y occidente de la laguna (Cromwell, 1985).

PROVINCIA DE LA LLANURA COSTERA DEL GOLFO DE MEXICO

LAGUNA SABANCUY. Está situada en la llanura costera del sureste del Golfo de México entre los paralelos 18° 48' y 19° 02' Norte y los meridianos 91° 06' y 91° 26' Oeste, en el Estado de Campeche (Fig. 37). Tiene una superficie aproximada de 32 km² y forma parte de un sistema lagunar muy amplio, ya que se comunica con el Golfo de México mediante las lagunas La Aguada y Términos hacia el suroeste y mediante el Estero Noján al noroeste. La laguna es alargada, con su eje mayor de 40 km de longitud paralelo a la línea de costa y 800 m de anchura promedio; la separa del golfo una barrera arenosa. Esta laguna es somera, con 1.5 m de profundidad media, el canal principal corre longitudinalmente y adyacente a la margen continental, con profundidades hasta de 2 m. Morfológicamente presenta ensanchamientos llamados localmente ensenadas y angostamientos, por los que fluye el canal principal. El drenaje superficial en el área continental adyacente no está bien desarrollado, ya que corresponde a un terreno cárstico, donde las aguas escurren sobre rocas carbonatadas infiltrándose rápidamente; esto explica que el transporte de sedimentos en suspensión no sea alto. Los sedimentos

de la laguna son de tipo carbonatado, constituidos por fragmentos biógenos calcáreos asociados a la provincia litológica donde está emplazada la laguna (calizas terciarias y calcarenitas pleistocénicas) y a la actividad biógena actual, lo que conduce a concentraciones de carbonatos del 5 al 92 %. Texturalmente los sedimentos van desde gránulos hasta arena fina, la fracción limo arcillosa forma bancos lodosos en los pantanos de manglar (Fig. 38) (Gutiérrez-Estrada, *et al.*, 1981).

LAGUNA DE TERMINOS. Se encuentra en el litoral sur del Golfo de México entre los paralelos 18° 23' y 18° 52' Norte y los meridianos 91° 10' y 91° 52' Oeste (Fig. 39). Es una de las lagunas más importantes del litoral del Golfo de México. Está comunicada al noreste con las lagunas Aguada y Sabancuy y al suroeste con las lagunas Carlos, Pom y Atasta; hacia su margen continental hay tres estuarios llamados localmente lagunas del Este, Balchacah y Panlau, donde desembocan los ríos Palizada, Chompán y

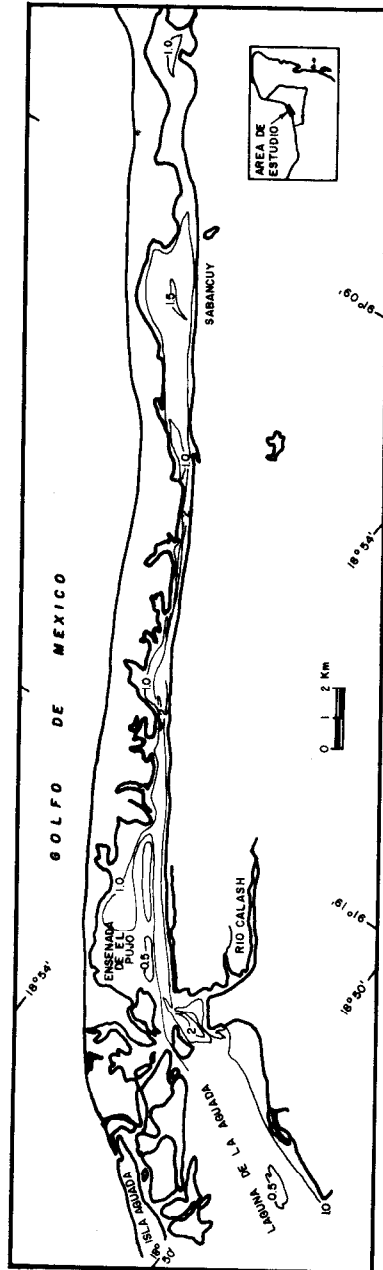


Figura 37. Toponimia y batimetría de la Laguna Sabancuy, Campeche (Modificada de Gutiérrez et al., 1981).

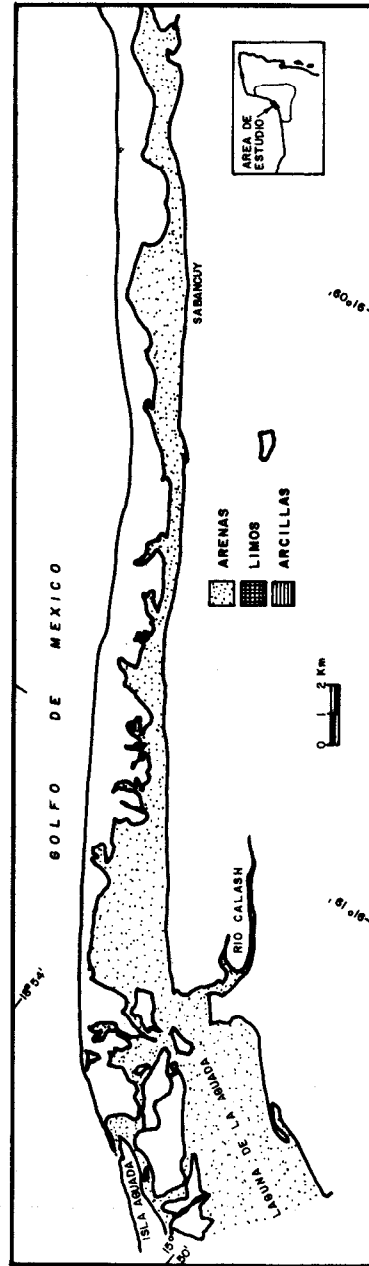


Figura 38. Sedimentos de la Laguna Sabancuy, Campeche (Modificada de Gutiérrez-Estrada et al., 1981).

Candelaria, respectivamente. La Laguna de Términos tiene una superficie aproximada de 1400 km^2 , su forma es elipsoidal, con su eje mayor paralelo a la línea de costa de una longitud de 60 km. Batimétricamente es una laguna somera, con profundidades promedio de 1.5 m. La boca, situada al noreste entre las islas de barrera del Carmen y Aguada, registra profundidades hasta de 5 m, y la del sureste, entre la Isla del Carmen y Punta Zacatal, hasta de 4 m; el resto de la laguna es uniforme en sus profundidades entre 1 y 2 m; se observa un delta de flujo de marea en la boca noreste. Los sedimentos del fondo son predominantemente arenas limosas y arenas arcillosas, excepto hacia la Laguna Aguada y en las inmediaciones de las lagunas del Este y Panlau, donde hay arenas limo arcillosas; en las bocas y en la margen protegida de la Isla del Carmen son arenosas. Se observan sólo parches aislados de arcillas limosas (Fig. 40). El contenido de carbonatos en los sedimentos es de entre 11 y 72 % por la abundancia de fragmentos biógenos calcáreos, lo que hace a este sistema lagunar típicamente carbonatado (Yáñez, 1963).

LAGUNA MECOACAN. Se encuentra en la costa sur del Golfo de México, en el Estado de Tabasco, entre los paralelos $18^\circ 16'$ y $18^\circ 26'$ Norte y los meridianos $93^\circ 04'$ y $93^\circ 14'$ Oeste (Fig. 41). Tiene una superficie aproximada de 48 km^2 . Se comunica con el Golfo de México a través de un pequeño cuerpo lagunar (Laguna Dos Bocas) mediante una boca natural limitada por dos barreras arenosas. La circulación hacia el interior de la laguna se realiza por dos canales que rodean la Isla Morelos, situada en la parte central de la Laguna Dos Bocas. Al sur se comunica la Laguna Mecoacán con la Laguna Los Angeles, de menor tamaño y forma alargada, orientada ligeramente oblicua a la línea de costa. La Laguna Mecoacán tiene forma elipsoidal, con su eje mayor paralelo a la línea de costa y con una longitud de 12 km y anchura máxima de 6 km. El desarrollo de este sistema está relacionado con los procesos de sedimentación del delta del Río Mezcalapa. Batimétricamente es muy somera, con profundidades medias de 1.6 m; sólo en los canales que rodean la Isla Morelos y en la boca se registran profundidades mayores de 5 m. Morfológicamente el área puede dividirse en tres regiones: una norte, adyacente a la Laguna Dos Bocas, con profundidades hasta de 1.6 m y con islotes desarrollados por la sedimentación de los flujos de las corrientes de marea; la central, con isóbatas sensiblemente concéntricas; y la oriental, con profundidades menores a 1 m, que comunica al sur con la Laguna Los Angeles. Los sedimentos dominantes son arenas limosas, seguidas en abundancia por arenas arcillosas y limo arenoso de la parte central. En los canales de acceso alrededor de la Isla Morelos predominan las arenas (Fig. 42) (Galaviz-Solís *et al.*, 1987).

LAGUNA DE ALVARADO. Es un sistema estuarino lagunar integrado por varias lagunas: Alvarado, Tlalixcoyan, Buen País y Camaronera. Está ubicado entre los paralelos $18^\circ 44'$ y $18^\circ 52'$ Norte y los meridianos $95^\circ 45'$ y $95^\circ 56'$ Oeste (Fig. 43). Hay tres ríos que desembocan en este sistema, el Papaloapan en la parte sureste, el Blanco

(y Camarón) que drena hacia la Laguna Tlalixcoyan y el Acula, que se encuentra entre los dos anteriores. El área de todo el sistema es de 71.7 km², de los cuales 21.8 corresponden a la Laguna Camaronera, 4.9 km a la Laguna Buen País y 45 km a la Laguna Alvarado-Tlalixcoyan. El sistema está orientado NW-SE en forma paralela a la línea de costa, tiene una longitud de 26 km y una anchura máxima de 4.5 km, se comunica con el Golfo de México a través de una boca natural cerca de la desembocadura del Río Papaloapan y se separa de mar abierto mediante una barrera arenosa de 22 km de largo, aproximadamente, en cuyo extremo sureste se encuentra la ciudad de Alvarado. Los sedimentos son en general arenas medias y finas, excepto en la boca, donde se registran arenas muy gruesas. En el interior de la Laguna de Alvarado-Tlalixcoyan se observa que predominan los limos y las arcillas (Rosales-Hoz *et al.*, 1986).

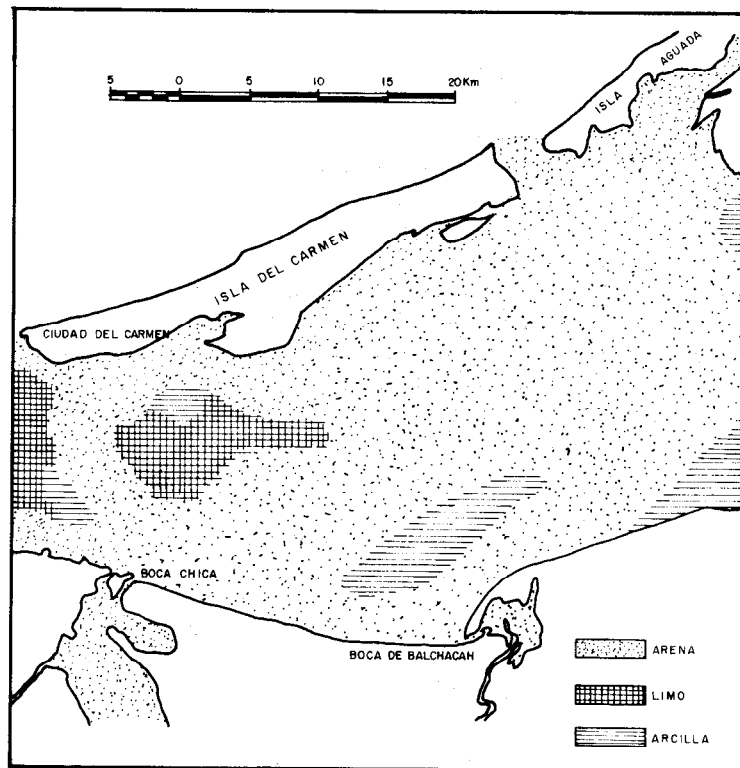


Figura 40. Sedimentos de la Laguna de Términos, Campeche (Modificado de Yáñez, 1963).

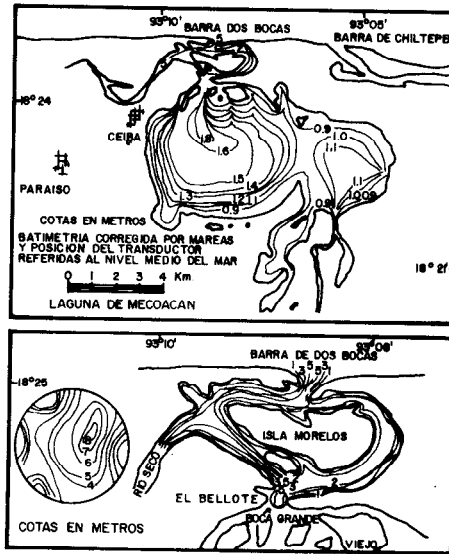


Figura 41. Batimetría de la Laguna Mecoacán, Tabasco (Modificado de Galaviz-Solis et al., 1987).

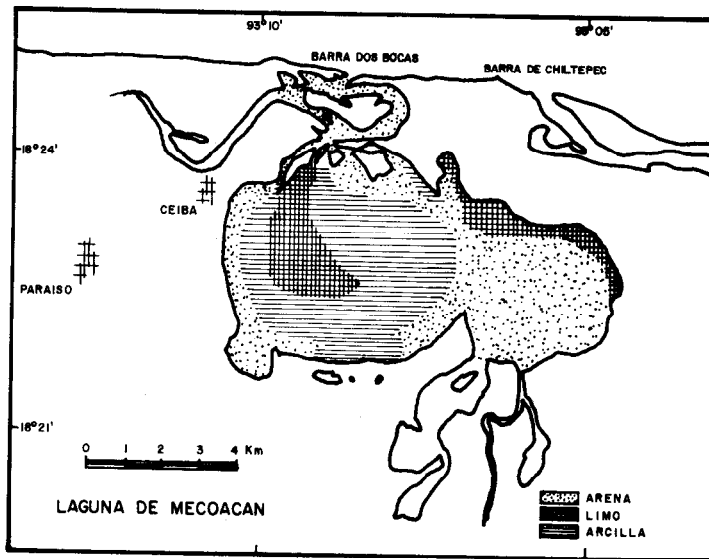


Figura 42. Sedimentos de la Laguna Mecoacán, Tabasco (Modificado de Galaviz-Solis et al., 1987)

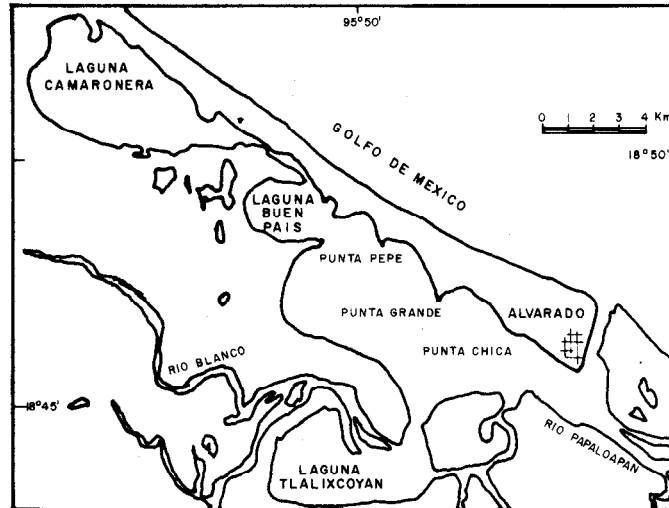


Figura 43. Toponimia de la Laguna de Alvarado, Veracruz (Modificado de Rosalez-Hoz, et al., 1986).

LAGUNA DE TAMIAHUA. Se encuentra en el litoral occidental del Golfo de México entre los paralelos 21° 06' y 22° 05' Norte y los meridianos 97° 22' y 97° 46' Oeste, lo limitan dos ríos importantes, el Pánuco al norte y el Tuxpan al sur (Fig. 44). Tiene una superficie aproximada de 750 km², es alargada con rumbo NW-SE, tiene 85 km de longitud y alcanza 20 km de anchura máxima. Está separada del Golfo de México mediante una barrera arenosa que va desde la desembocadura del Río Pánuco, hacia el SE, hasta el paralelo 21° 33', donde cambia a rumbo SW hasta el paralelo 21° 15'; su anchura máxima es de 6 km y mínima de 500 m. La laguna tiene una profundidad promedio de 2.2 m, la mayor es de 5.1 m entre la Isla del Idolo y la margen continental. En la parte occidental de la laguna y al sur de la Isla del Idolo hay fondos someros, ya que la pendiente del fondo es menor en el borde occidental que en las proximidades del sotavento de la barrera arenosa, probablemente por efecto erosivo de las corrientes de marea. Pueden distinguirse tres regiones en la laguna: la norte, integrada por la Isla Juana Ramírez y pequeños islotes adyacentes a ella; la central, más extensa, con profundidades hasta de 3 m y la Isla del Toro emplazada en su parte media; y la sur, muy somera, que se angosta hasta la desembocadura del Río Tuxpan. Esta laguna se comunica con las aguas del Golfo de México a través de una boca artificial llamada Boca de Corazones, ubicada al sur de la laguna. Los sedimentos son predominantemente de tipo arenoso en el extremo norte, arcillosos y arcillo limosos en la parte central y arcillo limo arenosos en su parte sur (Fig. 45) (Cruz-Orozco, 1968).

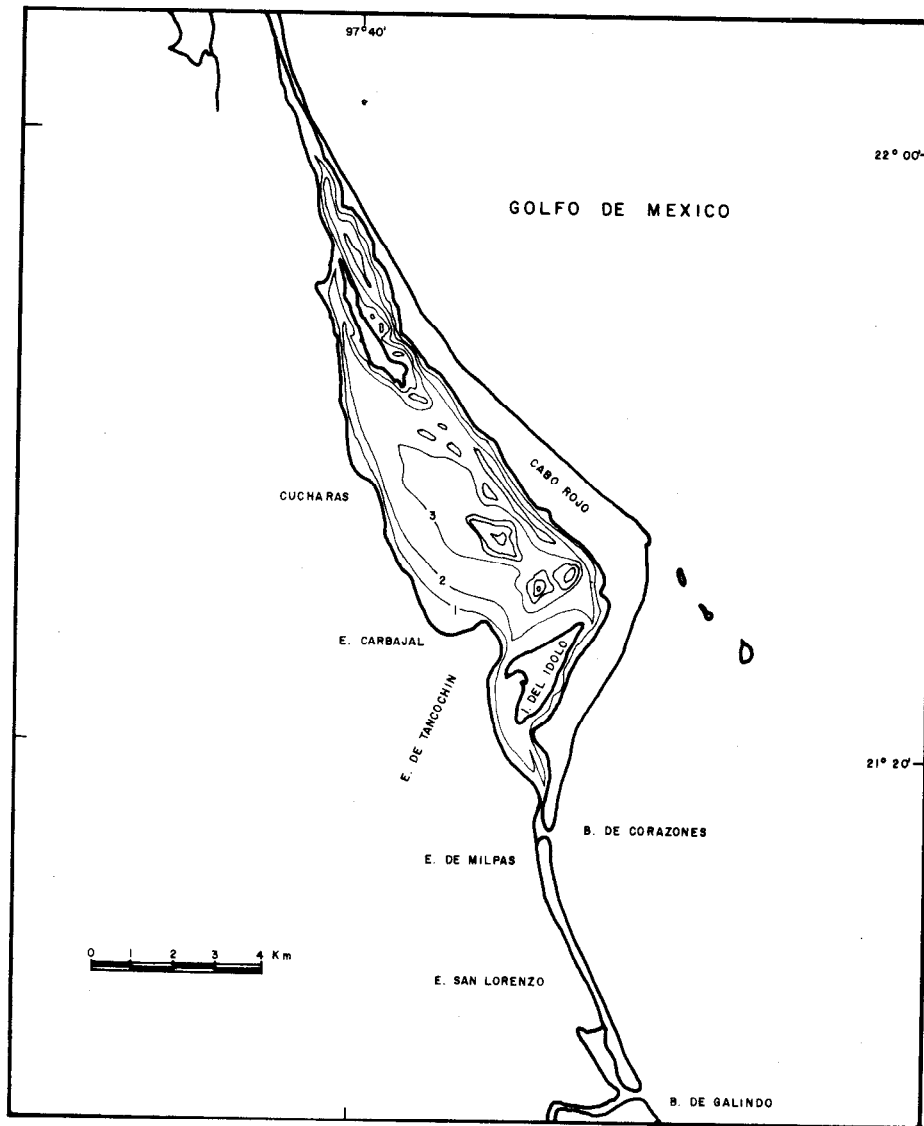


Figura 44. Toponimia y batimetría de la Laguna de Tamiahua, Veracruz (Modificado de Cruz-Orozco, 1968).

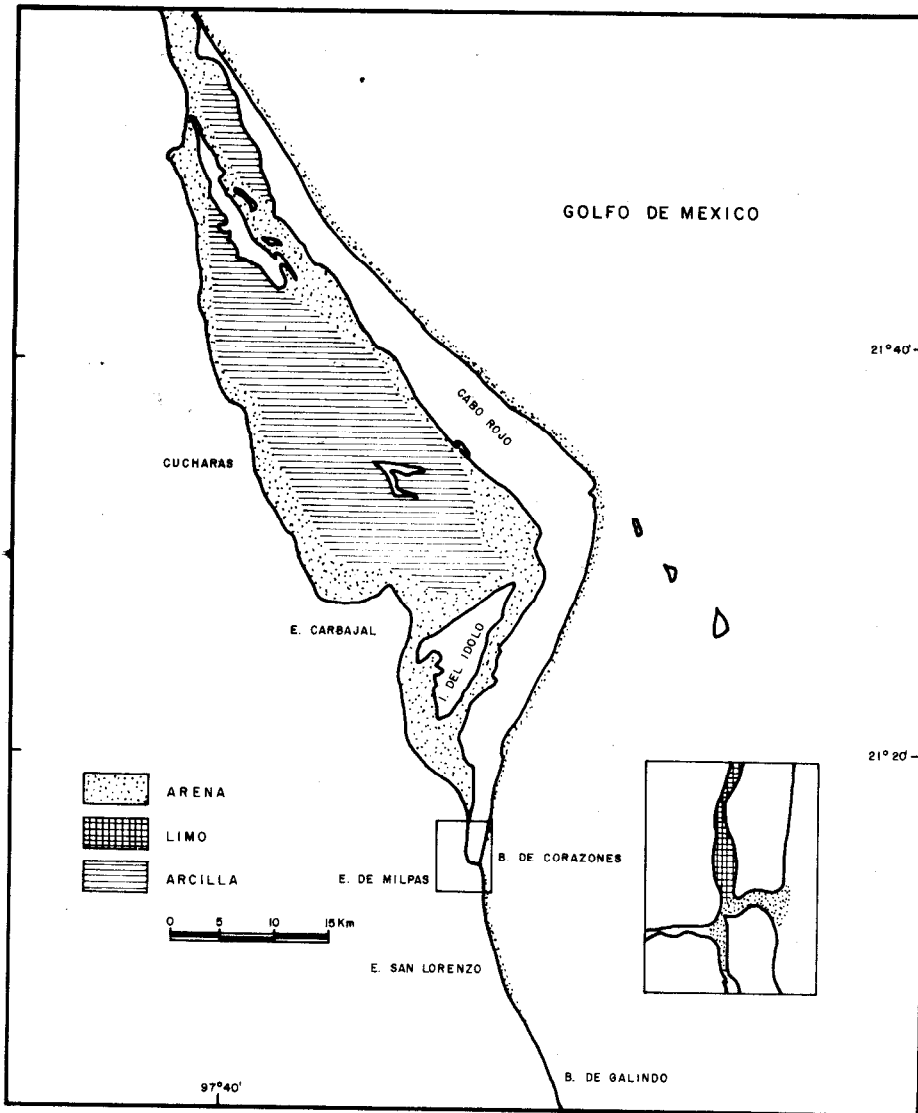


Figura 45. Sedimentos de la Laguna de Tamiahua, Veracruz (Modificado de Cruz-Orozco, 1968).

LAGUNA MADRE. Está situada en la costa occidental del Golfo de México, entre el delta del Río Bravo en el norte y el Río Soto la Marina en el sur. Se ubica entre las latitudes 23° 10' y 25° 30' Norte y los meridianos 97° 20' y 97° 50' Oeste en el Estado de Tamaulipas (Fig. 46). Esta laguna está conformada por dos cuencas separadas por el delta del Río San Fernando. La cuenca septentrional tiene una superficie de 1100 km², una longitud de 65 km y un ancho promedio de 17 km, la cuenca meridional tiene una superficie de 900 km², una longitud de 125 km y un ancho promedio de 6.5 km. La superficie total es aproximadamente de 2000 km², es el mayor de los sistemas lagunares de los litorales mexicanos. El vaso de la laguna está separado del Golfo de México por una barrera arenosa de 180 km de longitud, cuya continuidad es interrumpida por remanentes de antiguas bocas. Es una laguna somera con profundidades máximas de 3 m en la parte central de la cuenca septentrional. La cuenca sur registra profundidades máximas de 1 m. Los sedimentos dominantes en la laguna son arenas finas bien seleccionadas, adyacentes a la parte protegida de la barrera arenosa y alrededor de las bocas. El otro grupo importante son limo arcillas ubicadas en una franja paralela a la margen continental de la laguna. Las arcillas y limos se encuentran en la parte central y profunda de la cuenca septentrional y en la Bahía de Catán de la cuenca meridional (Fig. 47). Dentro de los constituyentes sedimentarios importantes hay oolitos carbonatados de 1 a 0.25 mm de diámetro aparentemente formados en las regiones de mayor influencia del oleaje, es decir, en la margen occidental y noroccidental de la laguna (Yáñez y Schlaepfer, 1968).

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este capítulo agradecen a la Universidad Autónoma de Baja California Sur el apoyo institucional otorgado para la realización del trabajo; al Geólogo Raúl Miranda Avilés por la elaboración de las figuras y a la Sra. Guadalupe Bernal Ayón por el auxilio en el trabajo de captura y mecanografiado del texto.

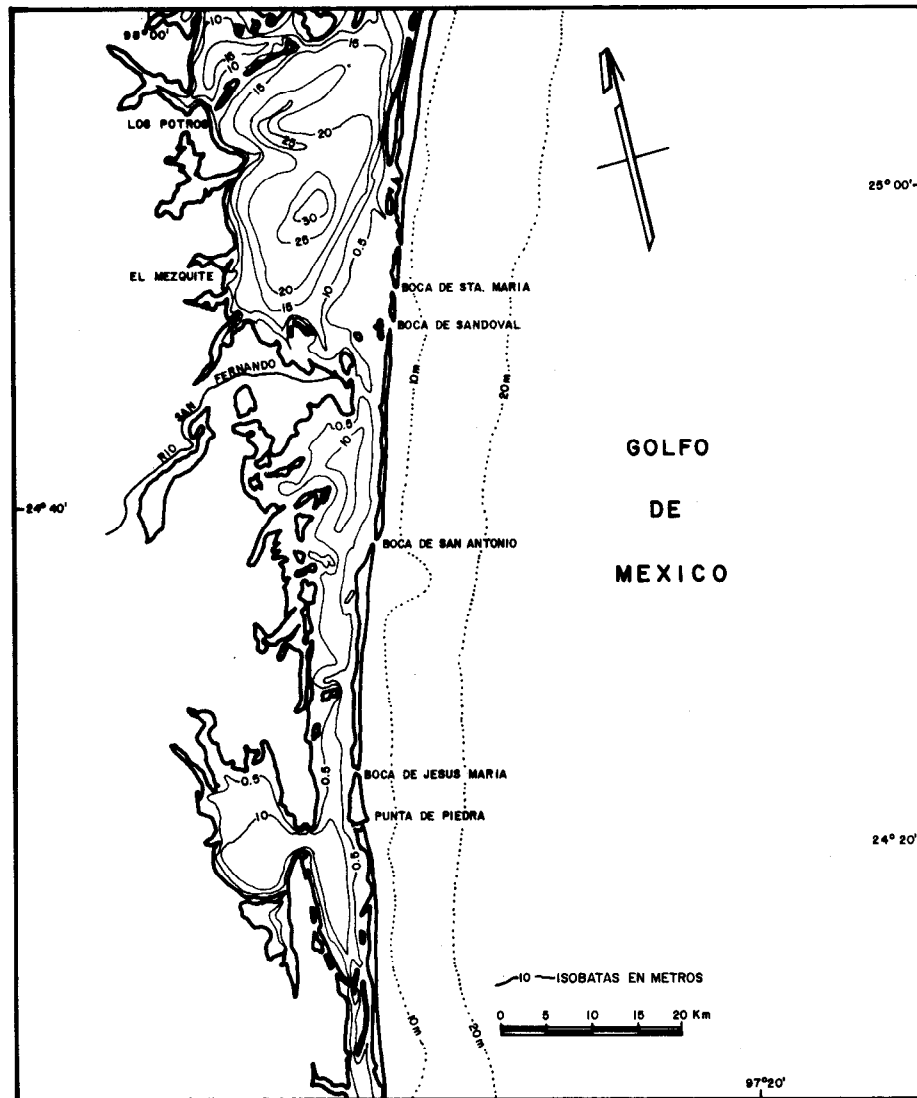


Figura 46. Toponimia y batimetría de la Laguna Madre, Tamaulipas (Modificado de Yáñez y Schlaepfer, 1968).

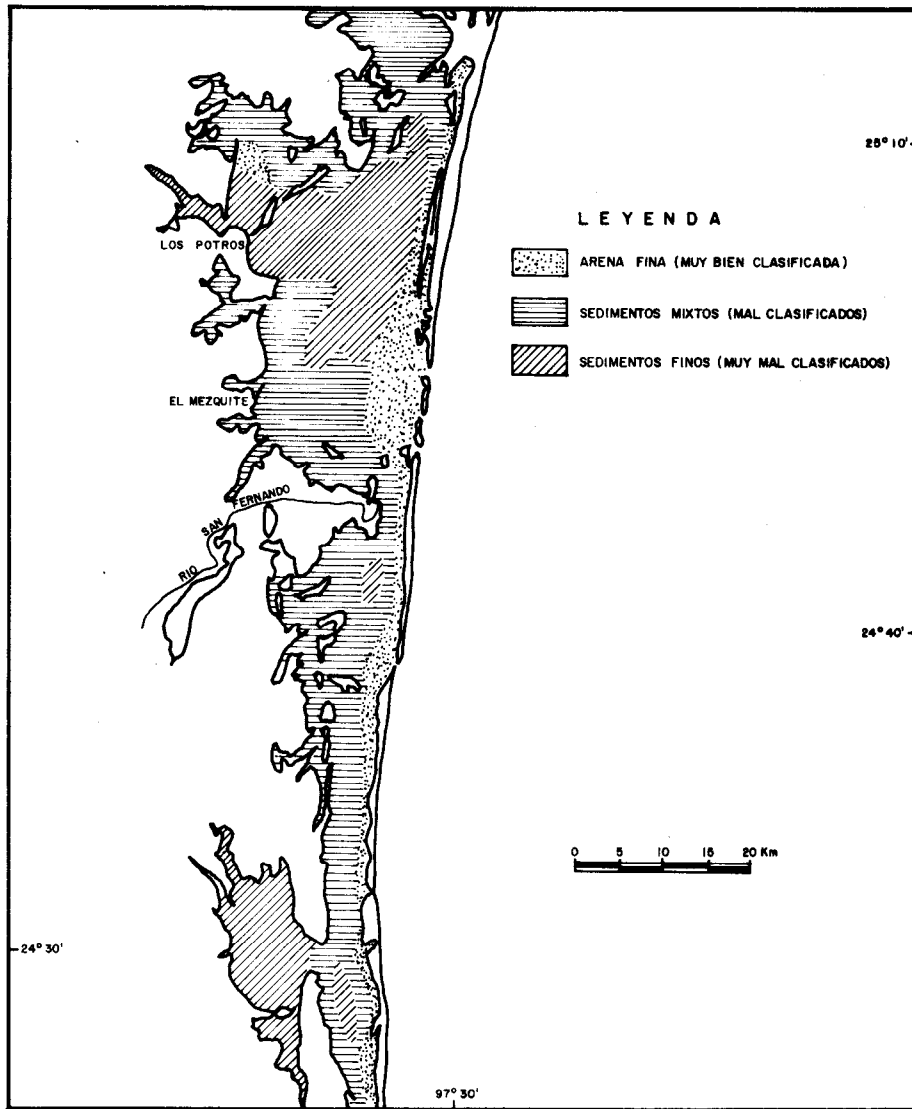


Figura 47. Sedimentos de la Laguna Madre, Tamaulipas
(Modificado de Yñez y Schlaepfer, 1968).

LITERATURA CITADA

- Ahlbrandt, T.S. y S.G. Fryberger, 1982. Introduction to eolian deposits. 11-47. En: Scholle, P.A. y Spearing, D. (Eds.), Sandstone depositional environments. American Association of Petroleum Geologist.
- Alvarez-Arellano, A.D., 1984. Evolución del frente térmico de la boca del Golfo de California. Tesis de Maestría. Colegio de Ciencias y Humanidades Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ayala-Castañares, A., M. Gutierrez-Estrada y V.M. Malpica, 1990. Morfosedimentología de la Laguna Agiabampo, Sonora, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, 17(2):257-270.
- Carranza-Edwards, A., M. Gutierrez-Estrada y R. Rodriguez-Torres, 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, 2(1): 81-88.
- Carranza-Edwards, A., 1986. Estudio sedimentológico de playas del estado de Chiapas, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, 13(1): 331-344.
- Carranza-Edwards, A., L. Rosales-Hoz y R. Lozano-Santa Cruz, 1988 a. Estudio sedimentológico de playas del Estado de Oaxaca, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, 15(2): 23-38
- Carranza-Edwards, A., L. Rosales-Hoz, A. Aguirre-Gómez y A. Galan-Alcala, 1988b. Estudio de metales en sedimentos litorales de Sonora, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, 15(2): 225-234.
- Clifton, H.E., 1982. Estuarine deposits. 179-189. En: Scholle, P.A. y Spearing, D. (Eds.), Sandstone depositional environments. American Association of Petroleum Geologist.
- Coleman, J.M. y D.B. Prior, 1982. Deltaic environments of deposition. 139-178 En: Scholle, P.A. y Spearing, D. (Eds.), Sandstone depositional environments. American Association of Petroleum Geologist.
- Cromwell, J.E., 1985. Marine geology of Laguna Superior, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, 12(1):71-98.
- Cruz-Orozco, R., 1968. Geología marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Boletín del Instituto de Geología, n. 88.
- Chávez, S.G., 1975. Elementos de oceanografía. CECSA, México.
- Chávez L., S. y D. Sarracino R., 1988. Estudio sedimentológico y morfológico de la Laguna Santo Domingo, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz Baja California Sur, México.

- Fisher, R.L. y H.H. HESS, 1980. Trenches. En: Hill, M.N. (Ed.) The sea. Ideas and observation on progress in the study of the seas. V.3 . R. E. Krieger Publication Co.
- Frias, A.V. y G. Moreno C., 1988. Ingeniería de costas. LIMUSA. Asociación Mexicana de Ingeniería Portuaria, México.
- Gaitán M., J., 1975. Sedimentología de la Laguna de Nuxco, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
- Galaviz-Solis, A., M. Gutierrez-Estrada y A. Castro del Río, 1987. Morfología, sedimentos e hidrodinámica de las lagunas Dos Bocas y Mecocacán, Tabasco, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, 14(2): 109-124.
- García E., A., 1992. Distribución textural y mineralógica de los sedimentos del sistema lagunar Playa Colorada-Santa María La Reforma-Santa María, Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México.
- Gutierrez-Estrada, M., J. Martínez-Reyes y V. Malpica-Cruz, 1981. Cartas sedimentológicas y fisiográficas de la Laguna Sabancuy, Campeche. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología Cartas Geológicas y Mineras n. 6.
- IG (Instituto de Geografía), 1990. Atlas Nacional de México. Mapas hipsométricos y batimétricos. Universidad Nacional Autónoma de México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 1989. Datos básicos de geografía de México. Secretaría de Programación y Presupuesto, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), Cartas topográficas y geológicas escalas 1: 1 000 000, 1: 250 000 y 1: 50 000.
- Inman, D.L. y C.E. Nordstrom, 1971. On the tectonic and morphologic classification of coasts. *Journal of Geology* 79(1): 1-21.
- Kennet, J., 1982. Marine geology. Prentice-Hall, Nueva York.
- Klein, G. de V., 1985. Sandstone depositional models for exploration for fossil fuels. International Human Resources Development Corporation. Boston.
- Komar, P.D., 1976. Beach processes and sedimentation. Prentice-Hall Inc. Nueva York.
- Lankford, R.R., 1977. Coastal lagoons of Mexico. Their origin and classification. 182-215. En: Wiley, M. (Ed.), Estuarine Processes. Academic Press Incorporation, Nueva York.
- McCubbin, D.G., 1982. Barrier-island and strand-plain facies. 247-279. En: Scholle, P.A. y Spearing, D. (Eds.), Sandstone depositional environments. American Association of Petroleum Geologists.
- Morales de la Garza, E.A., A. Carranza-Edwards y A. Marquez-García, 1988. Distribución y evolución de sedimentos superficiales del delta del Rio Balsas, Michoacán, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, 15(2): 95-104.

- Muehch-Jallath, E. 1991. Distribución granulométrica y contenido de carbono orgánico en los sedimentos del sistema lagunar Teacapán-Agua Brava, Sinaloa-Nayarit. Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía Naval, Estación de Investigaciones Oceanográficas de Topolobampo, Sinaloa.
- Muehch-Jallath, E., (inedito). Sedimentología del sistema lagunar Santa María La Reforma, Municipio de Angostura, Sinaloa. Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía Naval, Estación de Investigaciones Oceanográficas de Topolobampo, Sinaloa.
- Nolasco-Montero, E. y A. Carranza-Edwards, 1988. Estudio sedimentológico regional de playas de Yucatán y Quintana Roo, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, 15(2): 49-66.
- Ortlieb, L., S.C. Ruegg, J. Angelier, B. Colleta, M. Kasser y P. Lesage, 1990. Geodetic and tectonic analysis along an active plate boundary: The central Gulf of California (abstract). Bulletin of the INQUA n. 13.
- Páez-Osuna, F., M.L. Fong-Lee, H. Fernández-Peréz, R. Lozano-Santa Cruz y G. Villaseñor, 1984. Heavy metals and mineralogy in sediment cores from a tropical coastal lagoon, Mexico. Indian Journal of Marine Sciences 13: 153-158.
- Pirazzoli, P.A., 1989. Recent sea level changes in the North Atlantic (abstract). Bulletin of the INQUA 12: 89.
- Pirazzoli, P.A., 1990. Present and near future global sea-level changes (abstract). Bulletin of the INQUA 13.
- Rosales-Hoz, L., A. Carranza-Edwards y V. Alvarez-Rivera, 1986. Sedimentological and chemical studies in sediments from Alvarado Lagoon system, Veracruz, Mexico. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, 13(3): 19-28.
- Seyfert, C.K. y L.A. Sirkin, 1979. An introduction to historical geology. Harper and Row Publications, Nueva York.
- Shepard, F.P., 1973. Submarine geology. 3^{er} Edition Harper and Row. Nueva York.
- Solleiro-Rebolledo, E., A. Carranza-Edwards, S. Santiago-Perez, L. Rosales-Hoz y R. Lozano-Santa Cruz, 1989. Investigación de sedimentos de plataforma en el área de San Antonio del Mar, Baja California, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, 16(1): 91-104.
- SRH (Secretaría de Recursos Hidráulicos), 1976. Atlas del agua de la República Mexicana.
- Yáñez, A., 1963. Batimetría, salinidad, temperatura y distribución de los sedimentos recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín, n. 67 pt. 1.
- Yáñez, A. y C.J. Schlaepfer, 1968. Sedimentología de la Laguna Madre, Tamaulipas, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín.