Capítulo **12**

Costas, litorales del Caribe y del Atlántico, islas y archipiélagos. Las profundidades marinas.

José Méndez Baamonde

JOSÉ MÉNDEZ BAAMONDE. Nació en 1945 en Caracas. Venezolano. Geólogo, con maestría en Geología Sedimentaria, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, 1981. Magíster Scientiarum en Geología del Petróleo, 1981 y doctorado en Ciencias Geológicas de la UCV, 1984. Inició sus trabajos de investigación en 1976 con el Ministerio de Energía y Minas en los complejos de carbonatos del Reciente de las regiones insulares y costeras de Venezuela (Archipiélago Los Roques, Archipiélagos de Las Aves, Isla La Blanquilla, La Tortuga, costas de Morrocoy y Chichiriviche, etc.). Desde 1986 ha trabajado como asesor y consultor independiente en las áreas de exploración y producción para PDVSA, cuya línea de investigación ha estado referida a los carbonatos plataformales del Cretácico en la cuenca occidental de Venezuela, estudio sobre el origen, sedimentos y facies del delta del Orinoco, así como coordinador del Cuaternario en Venezuela para el *Código y léxico estratigráfico de Venezuela*. Desde 1987 ha impartido clases a nivel de postgrado y pregrado en la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Facultad de Ingeniería y en el Instituto de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias, ambas de la UCV. Es autor de 36 trabajos y artículos publicados en revistas y congresos, relacionados con las Ciencias de la Tierra, tanto en Venezuela como en el exterior, destacando: *Morfología submarina alrededor de la isla de Aves*, ASOVAC, 1983; *Aspectos de la geología marina en el archipiélago Los Roques*, 1977; *Delta del Orinoco*, ASOVAC, 2002; *Delta del Orinoco facies y ambientes sedimentarios*, ASOVAC, 2000.

G

E

O

1 Venezuela es un país que por la extensión de sus costas y la posición geográfica previlegiada de éstas al estar situadas en el mar Caribe y océano Atlantico, puede ser considerado como un país en gran medida marítimo. Sin embargo, no se ha comprendido a cabalidad la importancia de ser el país caribeño con mayor extensión de costas sobre este mar, así como la presencia de numerosas islas y archipiélagos en o cerca de la plataforma continental. A tal efecto, es necesario recordar que bordeando el Caribe viven más de 230 millones de personas en 25 estados independientes y 13 territorios afiliados. Aproximadamente 63.000 buques circulan por el Caribe, así como unas 1.500 embarcaciones de pesca operan en el área. A esto hay que añadir que la comunicación directa y más corta entre los océanos Atlántico y Pacífico es por medio del canal de Panamá. Además de los intercambios comerciales necesarios entre los países caribeños, operan las transacciones comerciales y de turismo con países como EE.UU., Mexico y Canada, y desde luego con los países europeos. Por otra parte, el Caribe en su conjunto posee muchas de las zonas turísticas y de esparcimiento más acogedoras en el mundo debido a su clima tropical, con temperaturas que fluctúan entre 24 y 30 °C durante todo el año. El Caribe posee algunos de los ecosistemas coralinos más importantes del planeta en la forma de arrecifes frangeantes, bancos calcáreos y atolones, así como la segunda barrera arrecifal coralina con mayor extensión en el mundo, situada en Belice, después de la barrera arrecifal de Australia.

2 Las costas de Venezuela, con una situación geográfica previlegiada, se encuentran en la plataforma septentrional de América del Sur y representan, conjuntamente con el arco de las Antillas Menores, el límite del mar Caribe oriental y entrada de las principales corrientes marinas superficiales provenientes del océano Atlantico. Igualmente, Venezuela comparte con Trinidad el extremo noroccidental del océano Atlántico sur, donde se desarrolla el delta más importante de América del Sur como lo es el delta del Orinoco, el cual conjuntamente con el delta de Mississippi en el golfo de México, son los deltas de mayor amplitud geográfica de América.

3 El mar Caribe, en el cual se encuentran situadas la mayor parte de las costas de Venezuela, es un mar tropical tipo mediterráneo o interior, considerado en términos generales, conjuntamente con el golfo de México, como un brazo interno del océano Atlántico. El mar Caribe se encuentra parcialmente cerrado en el norte y separado del golfo de México por la península de Yucatán y Cuba. Igualmente por el norte está separado del océano Atlántico norte por Cuba, Haití y República Dominicana, así como por Puerto Rico. Por el este está separado del Atlántico por el arco de las Antillas Menores, conformado de norte a sur por islas Vírgenes (EE.UU. y Reino Unido), Anguilla (Reino Unido), Antigua y Barbuda, Guadalupe (Francia), Dominica, Martinica (Francia), Santa Lucía, San Vicente y Las Granadinas, Barbados, Granada y Trinidad-Tobago. Por el límite occidental se encuentran la península de Yucatán, Belice, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y parte de Panamá. El límite meridional está conformado por parte de las costas de Panamá, Colombia y una gran extensión de las costas de Venezuela.

4 El mar Caribe, cuyo nombre se deriva del pueblo Caribe, que habitaba parte de las costas de Venezuela y las islas caribeñas a la llegada de los conquistadores españoles a finales del siglo xv y principios del xvi, posee una superficie de 1.940.000 km², con una extensión aproximada de 2.415 km de este a oeste y entre 640 y 1.450 km de norte a sur.

5 Excluyendo las zonas de plataformas continentales, el Caribe posee un promedio de 1.830 m de profundidad, sin embargo muchas cuencas marinas internas superan los 3.660 m, siendo las principales las cuencas de Venezuela, Colombia, Yucatán, Caimán y Granada. La mayor profundidad se encuentra en la fosa de las islas Caimán, con 7.535 m entre Jamaica y las mencionadas islas.

6 El Caribe está dominado por los vientos alisios del noroeste con dirección este-oeste y noreste-suroeste. La principal corriente oceánica es la corriente del Caribe la cual es una extensión de la corriente Ecuatorial del sur proveniente del Atlántico sur, que se convierte en la corriente del Norte de Brasil y posteriormente en la corriente de Guayana, penetrando finalmente en el Caribe. También las aguas del Caribe se originan parcialmente de la corriente Ecuatorial del norte proveniente del Atlántico norte.

COSTAS DE VENEZUELA

7 Las costas de Venezuela se extienden de oeste a este desde Castilletes en la península de la Goajira y frontera con la República de Colombia, hasta Punta Playa en la isla de Corocoro, del estado Delta Amacuro, indicando los límites con respecto a la zona en reclamación de la Guayana Esequiba. Si consideramos la línea de costa de la zona en reclamación, las costas de Venezuela se extienden hasta la desembocadura del río Esequibo.

8 Venezuela posee costas en el mar Caribe y en el océano Atlántico. Estas costas actuales, sin incluir las pertenecientes a la zona en reclamación, se extienden por aproximadamente 3.726 km. La mayor parte de ellas corresponden a las costas caribeñas (2.718 km), las cuales comienzan en Castilletes y se prolongan hasta la parte más oriental de la península de Paria. Desde esta zona hasta Punta Playa se encuentran las costas atlánticas, que comprenden las costas situadas sobre el golfo de Paria y las costas generadas por el delta del Orinoco, extendiéndose por 1.008 km. Las costas pertenecientes a la zona en reclamación de la Guayana Esequiba, incluyen 280 km desde Punta Playa hasta la línea divisoria de aguas del río Esequibo.

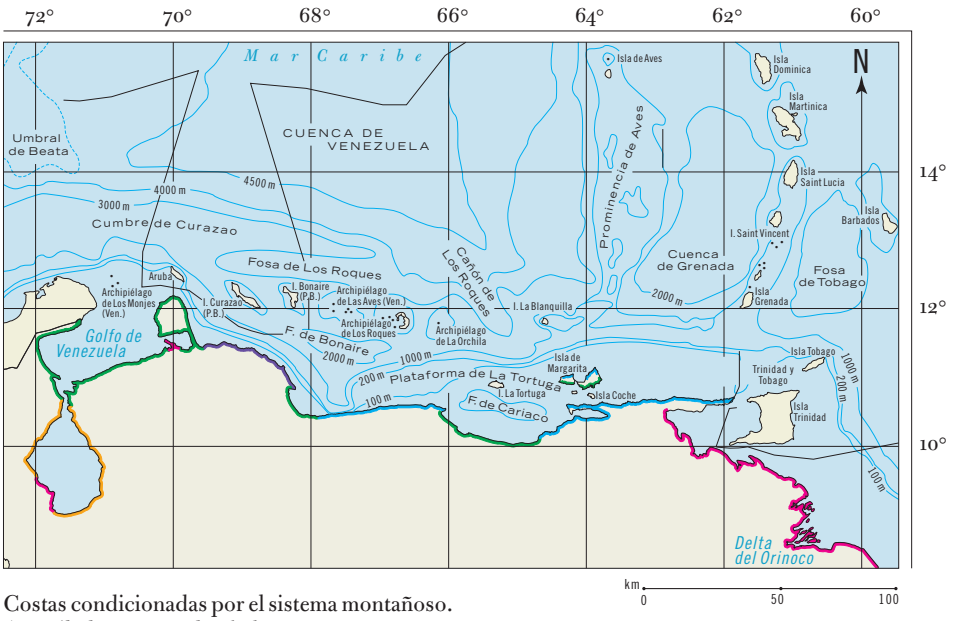
9 En términos generales, las costas situadas sobre el mar Caribe presentan una mayor variación morfológica y diversidad de características geográficas que las costas situadas en el golfo de Paria y océano Atlántico. Las razones están relacionadas con el origen geológico y evolución en el tiempo de ambos sistemas de costas (fig. 1).

ORIGEN DE LAS COSTAS

10 Las costas de Venezuela, como todo sistema de costas, poseen un origen complejo caracterizado por los numerosos procesos geológicos, principalmente tectónicos, estructurales y sedimentarios, que a lo largo de millones de años han desarrollado una morfología característica. Las costas actuales, además de todas las características geo-

lógicas y morfológicas desarrolladas durante el tiempo geológico, están modeladas por la transgresión del Holoceno o aumento del nivel del mar durante los últimos 10.000 años. El análisis de la tectónica general del Caribe, principalmente el margen sur, correspondiente a las costas caribeñas de Venezuela, indica que con el desplazamiento inicial de la placa del Caribe en dirección este a partir del Eoceno medio (aproximadamente 45 millones de años) y durante gran parte del Terciario y Cuaternario, las costas se han originado y modelado conjuntamente con la formación de sistemas de montañas como la cordillera de la Costa, islas y archipiélagos, la formación de las cuencas hidrográficas, distribución de sedimentos por las corrientes marinas, etc. Gran parte de las costas caribeñas de Venezuela están situadas en una zona sísmica activa, principalmente el tramo central y oriental, donde la placa del Caribe y la placa de América del Sur están separadas por sistemas de fallas con dirección oeste-este, sobre las cuales ocurre el deslizamiento de una placa con respecto a la otra creando los estados de sismicidad.

FIG. 1 Clasificación de las costas de Venezuela tomando en cuenta la morfología general, características morfológicas específicas, ambientes sedimentarios, extensión de la plataforma continental, etc.



- Costas condicionadas por el sistema montañoso. Acantilados, ensenadas, bahías.
- Costas planas y de playas muy someras. Albuferas y lagunas. Extensa plataforma continental.
- Costas deltaicas. Alta tasa de sedimentación y rápida progradación.
- Costas planas y someras con ocasionales estribaciones montañosas y pequeños acantilados.
- Costas lacustres de origen estuarino. Ambientes paludales.

COSTAS DEL CARIBE Y ATLÁNTICO

11 Las costas del Caribe venezolano comprenden el margen septentrional de América del Sur y el límite meridional de la placa del Caribe, sobre la cual se encuentra el mar del mismo nombre. Por lo tanto, estas costas se hallan, en términos generales, sobre un margen continental situado entre dos placas tectónicas: la placa del Caribe, que se mueve en dirección hacia el este, y la placa del Atlántico, que se mueve en sentido contrario, esto es, hacia el oeste.

12 Las costas venezolanas situadas sobre el océano Atlántico se encuentran situadas enteramente sobre la placa Atlántica, por lo tanto se encuentran sobre un área tectónicamente con mayor estabilidad y dominada básicamente por la sedimentación del delta del Orinoco con lo cual se encuentra una similitud morfológica a todo lo largo de estas costas.

13 En términos generales, las costas sobre el Caribe se encuentran situadas en una zona tectónica convergente, con sistemas de fallas transcurrentes (falla de San Sebastián, falla de El Pilar) mientras que las costas Atlánticas están sobre una zona tectónica divergente o de margen pasivo. Las zonas divergentes se caracterizan por presentar plataformas continentales más amplias.

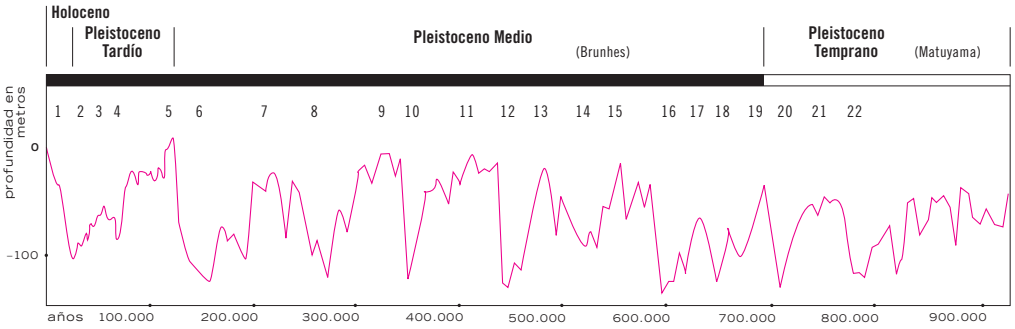
MARGEN CONTINENTAL Y COSTAS

14 Las costas presentan los rasgos fisiográficos con mayor susceptibilidad de cambio en el tiempo geológico. Las costas continuamente están afectadas, como ningún otro medio geológico, por los procesos de erosión y sedimentación. La mayor parte de los ríos desembocan en las costas contribuyendo con su carga sedimentaria al relleno y modelado costero. Esta carga sedimentaria es distribuida por los sistemas de corrientes marinas y mareas contribuyendo a la formación de ambientes sedimentarios como deltas, lagunas costeras, albuferas, islas de barrera, etc. La costa también está sujeta a constante erosión, la cual se produce principalmente en la línea de costa por la fragmentación y resquebrajamiento de rocas y sedimentos.

15 El mayor efecto sobre las costas se produce por los cambios en el nivel del mar, el cual ha variado constantemente a través de la historia geológica de la Tierra. En algunos períodos como el del cretácico (entre 144 y 65 millones de años atrás) el nivel del mar estuvo hasta 300 m por encima del nivel actual penetrando extensamente en los continentes y, en el caso de Venezuela, las líneas de costa estaban muy cerca del actual Escudo de Guayana. El nivel del mar actual, el cual define la línea de costa que conocemos, ha venido ascendiendo desde hace aproximadamente 10.000 años. Este ascenso del nivel del mar se conoce como transgresión del Holoceno. Antes de iniciarse el ascenso del nivel del mar, éste se encontraba a 110 m por debajo del nivel actual, por lo tanto las líneas de costa además de ser diferentes a las actuales se encontraban, en algunos casos, decenas de km en dirección al mar actual. Esto indica que la porción de tierra emergida era mayor. Este descenso o regresión del nivel del mar, el cual duró entre 9.000 a 12.000 años, se conoce como glaciación del Wisconsin. Durante este tiempo los hielos en los casquetes polares aumentaron considerablemente sus dimensiones. En caso

contrario, cuando el nivel del mar asciende se le denomina transgresión y los hielos de los casquetes polares disminuyen. Durante el período Cuaternario, el cual tiene una duración de 1.610.000 años, han ocurrido más de 20 grandes regresiones y 20 transgresiones importantes, de las cuales, las mayores se iniciaron entre 700.000 y 900.000 años atrás (FIG. 2). Con cada regresión y transgresión del mar la costa fluctuó y sus rasgos fisiográficos cambiaron. Pero en este lapso de tiempo se sucedieron, además, numerosas regresiones y transgresiones menores, todas las cuales igualmente modificaron la línea de costa. Por lo tanto, la costa actual corresponde al estado transgresivo final del Holoceno.

FIG. 2 Curvas del nivel del mar durante los últimos 900.000 años del Cuaternario.



Se puede observar las grandes fluctuaciones en ascensos y descensos del nivel del mar. Las fluctuaciones están relacionadas con los estados de glaciación (regresiones marinas y descensos del nivel del mar) y deglaciación (fusión parcial de los hielos y ascenso del nivel del mar). Los números pares indican disminución del nivel del mar y los números impares representan los aumentos del nivel del mar. Brunhes indica una polaridad magnética normal y Matuyama representa una polaridad magnética inversa.

RASGOS MORFOLÓGICOS ORIGINADOS POR EL CAMBIO DEL NIVEL DEL MAR

16 Durante la regresión marina causada por la glaciación Wisconsin, el descenso de 110 m del nivel del mar modificó la morfología de la costa en los siguientes caracteres fisiográficos (FIG.3a, 3b).

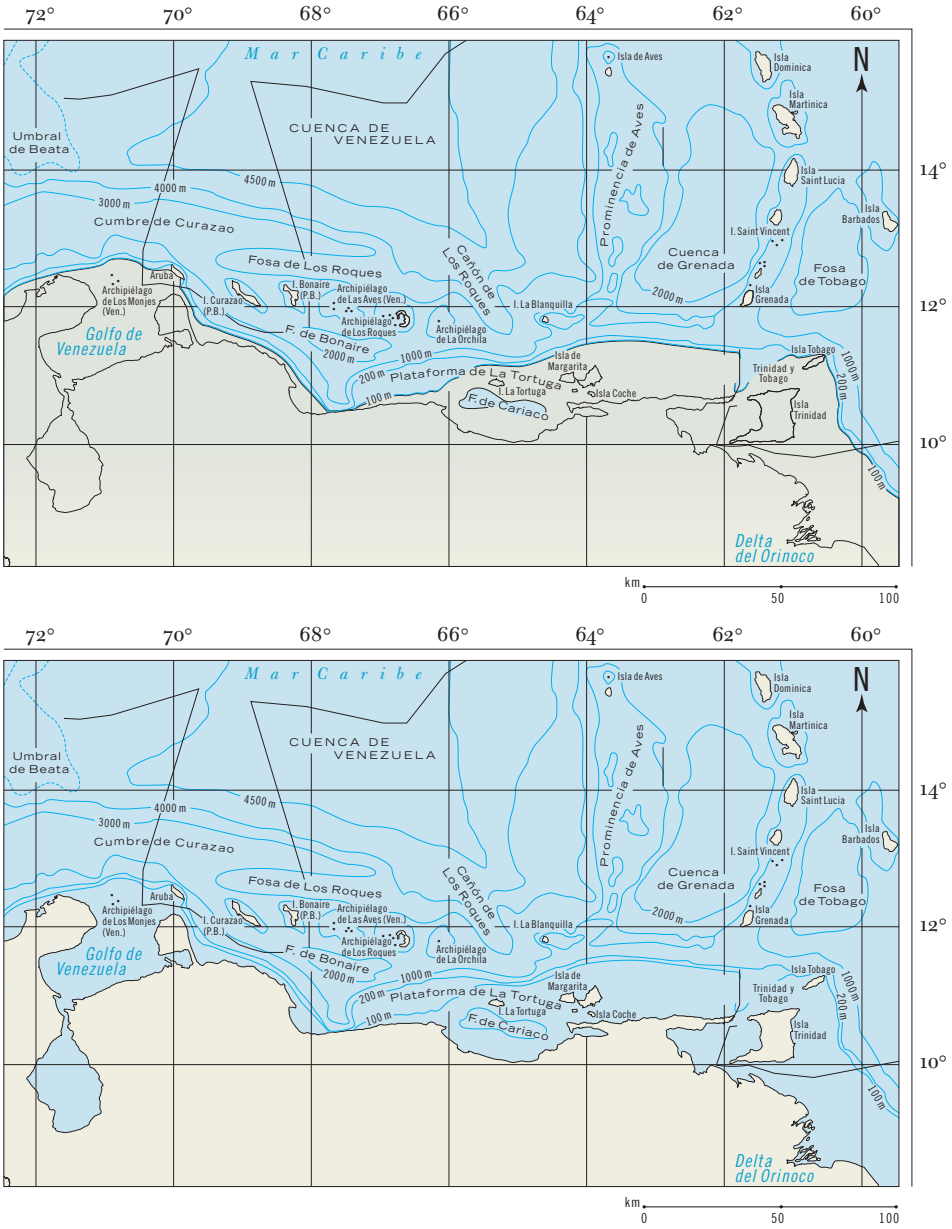
Zonas occidentales

17 La plataforma continental se expandió y la línea de costa se situó donde actualmente es la profundidad de aproximadamente 110 m. Por lo tanto, toda la línea de costa se desplaza en dirección norte. El desplazamiento fue mayor en las zonas donde la plataforma continental es de aguas someras como ocurrió en la zona del golfo de Venezuela y en partes del estado Falcón.

1. Con la retirada de las aguas a 110 m por debajo del nivel actual, el golfo de Venezuela se transformó en una zona emergida muy similar a una amplia llanura.

2. La isla de Aruba se convirtió en una península donde gran parte de la zona meridional se encontraba directamente enlazada con la llanura emergida de lo que actualmente es el golfo de Venezuela.

FIG. 3A y 3B Variación de las costas de Venezuela. Durante la regresión del Wisconsin las costas de Venezuela se extendieron hacia el norte y el este hasta la profundidad actual de 100 metros. Todo el golfo de Venezuela, plataforma de Margarita y la actual zona del Delta presentaban extensas llanuras terrestres. Muchas de las islas eran altos fisiográficos en las llanuras. En la gráfica inferior se muestra la costa actual.



72°
70°
68°
66°
64°
62°
60°
14°
12°
10°
N
Mar Caribe
CUENCA DE VENEZUELA
Umbral de Beata
4500 m
4000 m
3000 m
Cumbre de Curazao
Fosa de Los Roques
Cañón de Los Roques
Prominencia de Aves
Isla de Aves
Isla Dominica
Isla Martinica
Isla Saint Lucia
Isla Barbados
I. Saint Vincent
Cuenca de Grenada
Fosa de Tobago
Isla Grenada
2000 m
Aruba
Archipiélago de Los Monjes (Ven.)
I. Bonaire (P.B.)
I. Curazao (P.B.)
Archipiélago de Las Aves (Ven.)
Archipiélago de Los Roques
Archipiélago de La Orchila
I. La Blanquilla
Golfo de Venezuela
F. de Bonaire
2000 m
1000 m
200 m
100 m
Plataforma de La Tortuga
Isla de Margarita
I. La Tortuga
Isla Coche
F. de Cariaco
Isla Tobago
Trinidad y Tobago
Isla Trinidad
1000 m
200 m
100 m
Delta del Orinoco
km
0
50
100

3. Con la transformación del golfo de Venezuela en una llanura emergida, la península de la Goajira formó parte directamente de las tierras emergidas y fisiográficamente se transformó en un alto sobre la llanura.

4. El lago de Maracaibo, sin contacto directo con el mar, se convirtió en una zona lacustre de dimensiones relativamente pequeñas, cuyas aguas eran alimentadas por los ríos que descendían de los Andes y Perijá.

5. La península de Paraguaná, en forma similar a la de la Goajira, se convirtió en un alto sobre la llanura formada por lo que era el golfo de Venezuela y golfete de Coro.

6. Las zonas de carbonatos y arrecifes coralinos de Tucacas y Chichiriviche se transformaron radicalmente. Los cayos y las lagunas someras quedaron emergidas y los nuevos arrecifes coralinos se situaron en la línea de costa desplazada en dirección norte, originando arrecifes frangeantes.

Zonas centrales

1. Las costas centrales de Venezuela se caracterizan por presentar una plataforma continental angosta. Desde la línea de costa la profundidad de las aguas aumenta rápidamente. Por lo tanto, el desplazamiento de las costas por el descenso del nivel del mar fue relativamente pequeño.

2. Todas las pequeñas bahías y ensenadas que caracterizan al litoral central desaparecieron como rasgo morfológico con el desplazamiento de la línea de costas en dirección norte.

Zonas centro orientales y orientales

1. Las lagunas de Tacarigua, Píritu y Unare son de formación relativamente muy reciente. Estas lagunas se originaron, probablemente, hace dos o tres mil años con el ascenso más lento del nivel del mar que permitió el desarrollo de bancos de arena siguiendo la línea de costa y permitiendo la formación de las lagunas por la acción de las mareas. Por lo tanto, durante el descenso del nivel del mar estas lagunas no existían.

2. En esta zona centro-oriental la plataforma es extensa y se denomina plataforma de Unare. La batimetría actual indica que la fosa de Cariaco se encuentra situada en el centro de la plataforma de aguas someras. Con la retirada de las aguas la fosa de Cariaco se mantuvo como una zona profunda y encerrada en una llanura emergida, puesto que la línea de costa se situó al norte de la fosa.

3. En la zona oriental el descenso de las aguas permitió el afloramiento de toda la plataforma en la cual se encuentran las islas de Margarita, Coche, Cubagua, y Trinidad y Tobago. Todas estas islas emergieron como altos importantes situados en una llanura muy amplia puesto que la línea de costa se situó al norte de las islas.

4. Las penínsulas de Paria y Araya se convirtieron en altos morfológicos de la extensa llanura. El golfo de Cariaco (entre la península de Araya y las costas de Cumaná) se convirtió en un lago hipersalino encerrado.

Costas atlánticas

18 La costa atlántica de Venezuela posee una amplia plataforma continental que emergió como una extensa llanura durante el descenso del nivel del mar.

1. Durante el descenso del nivel del mar el delta del Orinoco no existía como tal. En su lugar, el río Orinoco desembocaba directamente en los márgenes de la línea de costa que había sido desplazada en dirección este.

2. El golfo de Paria formaba parte de esta plataforma expuesta y la isla de Trinidad era un alto en la zona de llanura, estando conectada directamente con tierra firme. Ríos como el San Juan labraron su cauce en la llanura expuesta y desembocaban directamente pasando por boca Dragón hasta la nueva línea de costa, situada al norte de lo que era la isla de Trinidad.

19 Con todos los cambios expuestos anteriormente podemos entender el carácter transitorio de las líneas de costa, cuya posición geográfica está condicionada a los cambios del nivel del mar, progradación deltaica, subsidencia por el peso de los sedimentos y levantamientos tectónicos locales y regionales.

MARGEN CONTINENTAL, PLATAFORMA CONTINENTAL Y COSTAS

20 Con base en las consideraciones anteriores podemos indicar que la línea de costa es cambiante, modificable y efímera en el tiempo, y para su estudio es necesario circunscribirla dentro de un contexto geológico y geográfico mayor como son las plataformas y los márgenes continentales. La costa como tal, es la suma de rasgos morfológicos con mayor rapidez de cambio dentro de la plataforma y margen continental. La batimetría y las profundidades dependen de las características de la plataforma y el margen. Donde la plataforma es extensa las profundidades son someras y donde la plataforma es estrecha, las costas son abruptas y aumenta rápidamente la profundidad. Así se aprecia en la figura 3, donde se comprueba esta relación tanto en la plataforma como en el margen continental de Venezuela, y en las cuencas oceánicas relacionadas con el margen continental. Algunos perfiles batimétricos que corresponden a la plataforma continental, margen continental y umbral oceánico indican la variación batimétrica y los cambios morfológicos del fondo marino (FIGS. 4 *y* 5).

21 El estudio de las costas involucra: *a)* la línea de playa, la cual comprende el borde continental o tierra firme inmediata al mar con sus rasgos fisiográficos, aportes de sedimentos por los ríos y oleaje, y erosión de la costa; *b)* la plataforma marina continental con el sistema de corrientes, mareas y distribución de sedimentos provenientes desde el borde continental plataformal; *c)* el margen continental, cuando los rasgos fisiográficos son variables y complejos.

22 La costa se puede definir como la línea de tierra que bordea el mar o el espacio en que el mar y la tierra entran en contacto, y que abarca una parte de las aguas costeras y del borde continental. La costa es la zona geomorfológica más variable de la superficie terrestre, a causa de los movimientos tectónicos, procesos de sedimentación y erosión, y variaciones del nivel del mar.

23 La plataforma continental comprende la línea de costa y la plataforma con pendiente suave de 1° a 3° hasta los 100 m de profundidad, donde aumenta la pendiente hasta los 200 m de profundidad y que se considera el límite de la plataforma.

24 El margen continental es el área marina que incluye la línea de costa, el sistema de plataforma, las islas y todas las características morfológicas como depresiones o cuencas y prominencias o altos submarinos relacionados con el continente o situados transicionalmente entre éste y las áreas estrictamente oceánicas.

25 Por lo tanto, la costa o línea de costa es el resultado de una morfología derivada del conjunto de rasgos fisiográficos relacionados con el borde costero entre la marea baja y alta, la plataforma continental y el margen continental.

FIG. 4 Perfiles batimétricos en la plataforma continental y margen continental de Venezuela. Los perfiles indican, en términos generales, el relieve de la plataforma y margen continental.

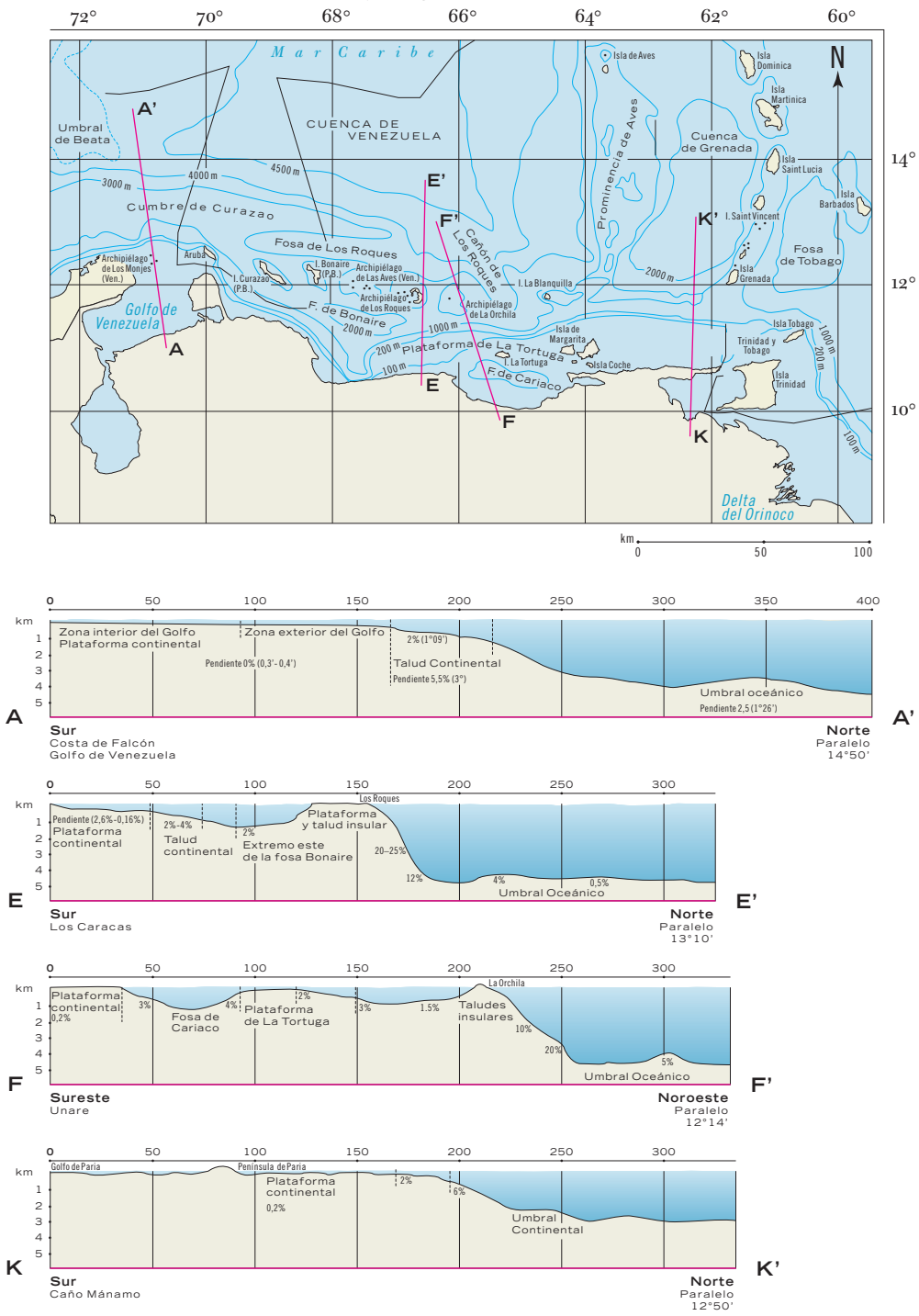
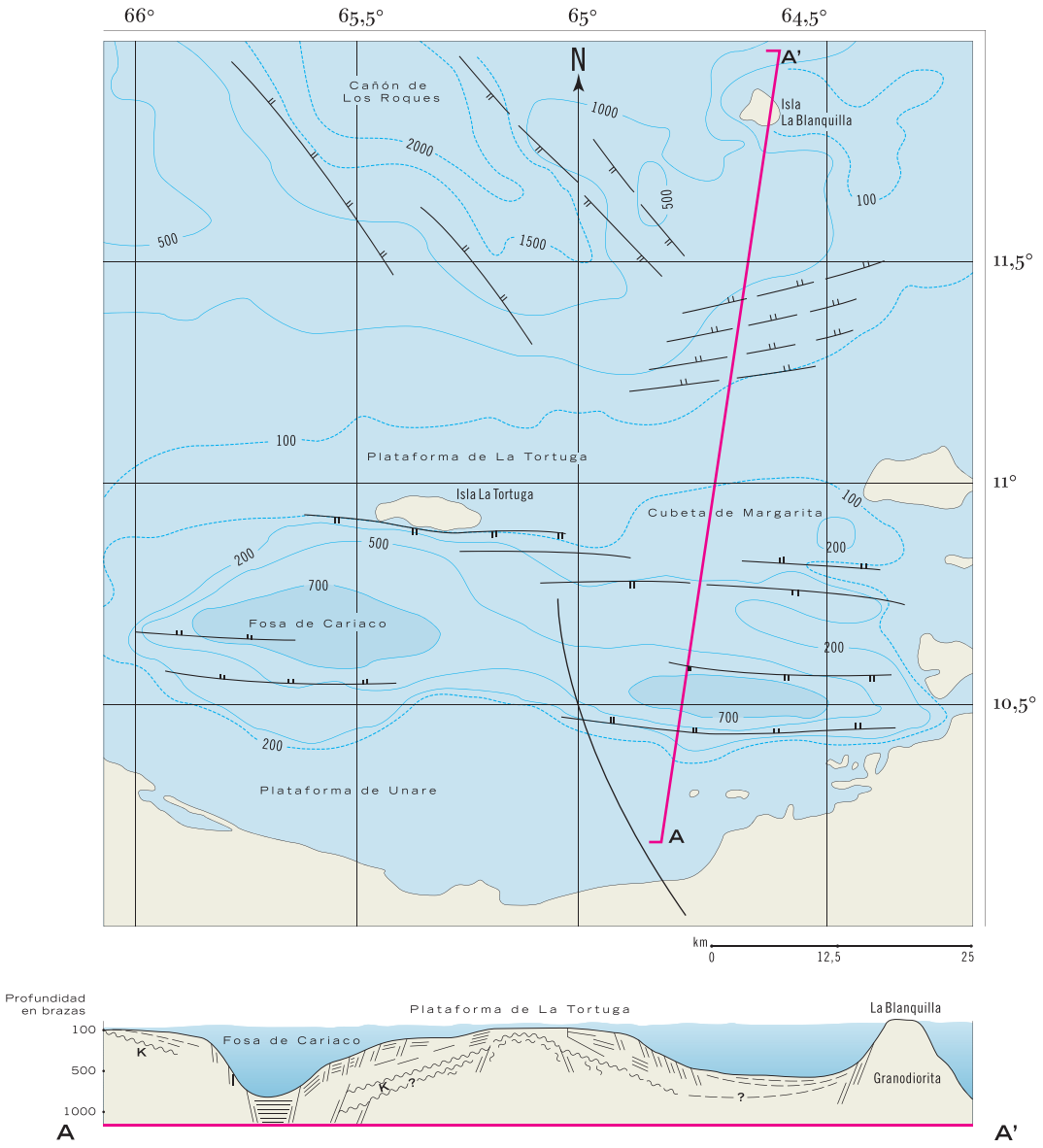


FIG. 5 Perfil batimétrico desde la plataforma de Unare hasta la isla La Blanquilla con algunas de las características estructurales más importantes.



MARGEN CONTINENTAL DE VENEZUELA

26 El margen continental de Venezuela presenta una gran complejidad en la zona del mar Caribe mientras que en el Atlántico, más que un margen puede ser considerado como una amplia plataforma continental, ya que no presenta las variaciones morfológicas y estructurales que se encuentran en el Caribe.

27 El margen continental a lo largo de la costa norte de Venezuela (margen del Caribe) está formado por una serie de cuencas sedimentarias, fosas, prominencias, una cadena de islas, plataformas angostas con cadenas de montañas y amplias plataformas continentales, algunas de ellas con islas. Estas características poco comunes hacen que esta área sea uno de los márgenes continentales más interesantes del mundo.

28 Los caracteres morfológicos más resaltantes del margen continental de Venezuela en el mar Caribe son los siguientes:

1. Cuenca de Venezuela. Cuenca oceánica correspondiente a la llanura abisal con espesores de la corteza oceánica entre 11 y 15 km y profundidades de 5.000 m y, ocasionalmente, cerca de los 6.000 m (González de Juana *et al.*, 1980). Se compone de un basamento de naturaleza basáltica y una capa superior de sedimentos de unos 700-800 m de espesor. Los 200 m superiores de sedimentos están compuestos por margas, arcillas y barros de foraminíferos con nanoplancton de edad Mioceno al Reciente). Entre los 200 y 385 m siguientes se encuentran barros de radiolarios y cenizas volcánicas cuyas edades van del Mioceno al Eoceno Medio. Toda la capa sedimentaria finaliza con 340 m de sedimentos de calizas con ftanita (Eoceno Inferior a Medio) y calizas parcialmente litificadas con radiolarios, niveles de ftanita, cenizas volcánicas y niveles ricos en materia orgánica (Cretácico Superior).

2. Cumbre de Curazao. Se extiende desde el norte de Colombia por más de 1.800 km hasta la isla de La Orchila. Se caracteriza por una secuencia gruesa de sedimentos deformados de unos 5 km de espesor, en forma de anticlinal, que se levantan desde 1.500 a 1.800 m desde el fondo marino y que forman el talud continental.

3. Fosa de Los Roques. Es una fosa, en algunas zonas, de más de 4.800 m de profundidad situada entre la cumbre de Curazao al norte, y la cadena de islas al sur.

4. Cadena de islas: Aruba, Curazao, Bonaire, archipiélago Las Aves, archipiélago Los Roques, La Orchila, La Blanquilla.

5. La fosa de Bonaire. Se encuentra entre el talud continental y el sur de las islas de Curazao, Bonaire, Las Aves, Los Roques y La Orchila. Es de forma alargada con 390 km de longitud y unos 70 km de ancho. Su profundidad sobrepasa los 2.000 m con un fondo casi plano. Los sedimentos son derivados de turbiditas desde la plataforma continental, turbiditas de carbonatos desde las islas y barros de foraminíferos planctónicos.

6. La prominencia de Aves. Es un antiguo arco volcánico de la placa del Caribe cuyo único punto emergente es la isla de Aves.

7. Las fosas de Granada y Tobago. Fosas situadas entre el actual arco volcánico de las Antillas Menores y la prominencia de Aves.

8. La zona de amplia plataforma occidental (golfo de Venezuela).

9. La zona de plataforma centro-oriental y oriental que comprende la plataforma de Unare y plataforma Margarita-Tobago. Incluye la isla de La Tortuga, fosa de Cariaco, islas de Margarita, Coche, Cubagua y Los Testigos.

CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE COSTAS ACTUALES EN EL MAR CARIBE DE VENEZUELA

29 Todas las costas y, por ende, las de Venezuela se pueden clasificar de acuerdo con varios factores como son: características tectónicas, morfológicas, tipos de sedimentos predominantes, costas de hundimiento o emersión, magnitud de la plataforma continental, etc.

30 Como las costas del Caribe en Venezuela son tan variadas, éstas presentan varios tipos en su clasificación, por lo tanto no se puede utilizar una clasificación específica. En términos generales podemos indicar que estas costas comprenden los siguientes aspectos:

1. En el aspecto tectónico, parte de las costas se encuentran situadas entre dos placas, una oceánica (Caribe) y otra correspondiente al segmento continental de la placa atlántica (Suramericana).

2. En el aspecto morfológico, el sector occidental no posee elevaciones montañosas importantes adyacentes a la línea de costa, mientras que el sector central y gran parte del oriental está dominado por la cordillera de la Costa, la cual comprende dos secciones, la central y la oriental, entre las cuales se encuentran depresiones y llanuras aluviales como las depresiónes del Tuy y la de Unare.

3. En relación con características morfológicas específicas, el sector occidental posee golfos como el de Venezuela y el de Coro, así como una península importante, la de Paraguaná. El golfo de Venezuela desarrolla hacia las zonas internas del continente un ambiente de estuario conocido como lago de Maracaibo. Las costas centrales son lineales controladas por grandes fallas estructurales de dirección oeste-este y con la presencia de pequeñas ensenadas y bahías en una plataforma continental muy angosta. La zona centro oriental y oriental posee lagunas costeras y albuferas como la laguna de Tacarigua, y las lagunas o albuferas de Unare y Píritu. Hacia el extremo oriental se encuentra la península de Araya, la cual origina el golfo de Cariaco, y la península de Paria, cuyo extremo oriental marca el final de las costas caribeñas.

4. En lo que respecta al tipo de plataforma continental, las costas occidentales y las orientales están enclavadas en amplias plataformas de aguas someras. Las costas centrales poseen plataformas muy angostas, las cuales representan los piedemontes sumergidos de la cordillera de la Costa central.

5. En cuanto al tipo de sedimento predominante en las costas del Caribe venezolano, en el sector occidental predominan los clásticos siliceos, esto es, arenas, limos y arcillas de origen terrígeno. En las costas de Chichiriviche y Tucacas se encuentran los mejores desarrollos costeros de arrecifes frangeantes, y pequeñas lagunas y plataformas internas formadas por biota coralina y sedimentos calcáreos en general.

31 En el sector central predominan los sedimentos terrígenos aportados por pequeños ríos y quebradas y muy localmente algunos crecimientos coralinos de pequeñas dimensiones.

32 En el sector oriental predominan los sedimentos terrígenos y desarrollos locales relativamente importantes de biota coralina y sedimentos de carbonatos como en el área de Mochima. En la extensa plataforma continental que se extiende al norte de las penínsulas de Paria y Araya se encuentran sedimentos terrígenos derivados principalmente de llanuras aluviales formadas durante la regresión marina del Wisconsin, y sedimentos de carbonatos formados en la actualidad, derivados principalmente de conchas y fragmentos de bivalvos. En esta plataforma se encuentran sedimentos de fosfatos, que si bien cuantitativamente son muy inferiores a los porcentajes totales de sedimentos terrígenos y de carbonatos, indican la presencia activa de corrientes de surgencia ricas en nutrientes entre los cuales se encuentra el fósforo.

33 Para el estudio de las costas en Venezuela es necesario dividirlas en dos sectores:

1. Costas situadas en el mar Caribe
2. Costas situadas en el océano Atlántico

COSTAS DEL MAR CARIBE

34 Las costas situadas en el mar Caribe podemos dividirlas en base al tipo de plataforma continental y la presencia de sistemas de montañas situadas directamente en la línea de costa. En base al tipo de plataforma tenemos:

1. Costas situadas sobre amplias plataformas: *a)* costas situadas en el golfo de Venezuela; *b)* costas en Falcón oriental; *c)* costas centro-orientales sobre la plataforma de Unare; *d)* Costas orientales sobre la plataforma de Margarita-Tobago.

2. Costas situadas sobre plataformas angostas: *a)* costas situadas en una plataforma muy angosta correspondientes al tramo entre Puerto Cabello y Mamo; *b)* costas situadas en una plataforma angosta (algo más amplia que en el caso anterior) correspondientes al tramo entre Mamo y cabo Codera.

35 Estas costas también se pueden dividir tomando en consideración la presencia directa de sistema de montañas en la línea de costa.

1. Costas sin la presencia directa de sistema de montañas en la línea de costas: *a)* costas del golfo de Venezuela y Falcón oriental; *b)* costas centro orientales y orientales en la zona de la cuenca del Tuy y plataforma de Unare.

2. Costas con la presencia de sistemas de montañas que forman acantilados, bahías y ensenadas: *a)* costas centrales dominadas por la cordillera de la Costa Central entre Puerto Cabello y cabo Codera. Plataforma angosta; *b)* costas orientales dominadas por la cordillera de la Costa oriental entre Puerto La Cruz y el extremo oriental de la península de Paria. Plataforma extensa.

Golfo de Venezuela

36 Estas costas se encuentran sobre una plataforma que se extiende unos 200 km de sur a norte, con profundidades muy someras del orden de los 36 m en la parte interna y de 100 a 146 m hacia el borde de la plataforma. La dinámica sedimentaria del golfo de Venezuela se caracteriza por un aporte muy bajo de sedimentos fluviales desde las penínsulas de la Goajira y Paraguaná. Desde el estado Falcón, el mayor aporte clástico proviene desde el río Mitare, el cual desemboca en el golfete de Coro formando un pequeño delta. Otros ríos con aporte sedimentario relativamente importante son los ríos Matícora, Zazárida, Urumaco, etc. En el estado Zulia el mayor aporte de sedimentos proviene del río Limón, formado por los ríos Guasare y Socuy. Este río desemboca en la bahía de El Tablazo, formando ambientes sedimentarios de ciénagas y pequeñas lagunas y solamente una parte de sus sedimentos, principalmente en el rango de limos y arcillas, se trasladan hasta las costas del golfo de Venezuela.

37 Debido a la poca profundidad de las costas el material sedimentario es trasladado activamente por las corrientes y mareas con lo cual se establecen líneas de playa de erosión y sedimentación de barras de arena, formando lagunas y ciénagas como la laguna de Cocinetas, cuyo límite norte es a su vez el límite con la República de Colombia.

38 Hacia el sur cerca de la bahía de El Tablazo la sedimentación ha desarrollado grandes barras de arena de varios km de ancho formando costas rectilíneas sin rasgos morfológicos específcos pero creando lagunas internas como la del Gran Eneal.

FIG. 6 Norte del lago de Maracaibo, isla de Zapara, estado Zulia.
Fotografía Román Rangel. Ecograph

FIG. 7 Lago de Maracaibo, estado Zulia.
Fotografía Román Rangel. Ecograph

39 La propia bahía de El Tablazo ha sido formada, en gran medida, por las barras de arena que han desarrollado islas como Zapara y Oribana, cuya posición en dirección este-oeste indica su origen por las corrientes marinas, mientras que la isla Pescaderos con dirección alargada norte-sur indica un origen por la acción de las mareas. En la zona oriental de la bahía de El Tablazo las corrientes y mareas han originado una zona de ciénagas y ambientes paludales con desarrollo de manglares en la línea de costa. Esta área es denominada la ciénaga de Los Olivitos.

FIG. 8 Sur del lago de Maracaibo, estado Zulia.
Fotografía Román Rangel. Ecograph

40 Otro aspecto importante en las costas occidentales del golfo de Venezuela es la acción erosiva y de transporte de los sedimentos finos por el viento. La acción eólica ha desarrollado en algunos sectores sistemas de dunas paralelas a la línea de costa.

41 En la parte occidental del estado Falcón, las costas no son tan rectilíneas como en el Zulia, pero las profundidades son igualmente muy someras y en la desembocadura de algunos ríos se han desarrollado ambientes paludales como en la desembocadura del río Mitare, o cabos y barras de arena como en la desembocadura del río Zazárida. El rasgo morfológico más importante lo constituye el delta formado por el río Mitare. Parte de los sedimentos del delta son redistribuidos por las corrientes formando amplias barras de arena en dirección sureste-noroeste. Una porción importante de los sedimentos de la llanura aluvial oeste del río y de la llanura deltaica son movilizados por la acción eólica contribuyendo a formar barras de arena costeras, pequeñas dunas y zonas paludales.

Costas de Falcón oriental y Paraguaná

42 Estas costas están enclavadas en una plataforma continental cuyo ancho varía entre 10 y 40 km, incluyendo dos zonas de plataforma más amplia: la plataforma del golfo de La Vela al norte y la plataforma de golfo Triste al sur. Las costas presentan cabos, ciénagas y zonas paludales, salinas, barras y zonas de carbonatos costeros con algunos arrecifes frangeantes, cayos de origen coralino y ambientes de manglares en la línea de costa. La dinámica sedimentaria de la costa entre cabo de La Vela y el sur de boca de Aroa, produce una sedimentación originada por los ríos que desembocan en la costa mucho más

activa que la que se encuentra en el golfo de Venezuela. Los ríos con mayor descarga de sedimentos terrígenos son: el Yaracuy y Aroa, que desembocan en golfo Triste y el río Tocuyo, que forma una pluma sedimentaria que se prolonga costa afuera por más de 8 km. Los ríos Hueque, Ricoa y Coro que desembocan en el golfo de La Vela, también aportan algo de sedimentos. La costa de la península de Paraguaná no recibe aporte significativo de sedimentos desde las áreas internas, ya que las corrientes fluviales son intermitentes o en forma de quebradas. Los sedimentos que llegan a estas costas son aportados por las corrientes litorales. Los sedimentos de los ríos son transportados por las corrientes marinas en dirección noroeste desarrollando playas arenosas, ambientes paludales y grandes sistemas de barras de arena cuyo desarrollo continuo ha formado el istmo de Los Médanos originando la península de Paraguaná.

FIG. 9 Isla Larga, Parque Nacional Morrocoy, estado Falcón.
Fotografía Román Rangel. Ecograph

43 Además de la sedimentación principal de terrígenos en el rango de las arenas, limos y arcillas aportados por los ríos, las costas y la plataforma continental poseen sedimentos derivados de una biota calcárea, principalmente bivalvos.

44 Uno de los rasgos morfológicos más distintivo está representado por las lagunas, cayos y arrecifes frangeantes de la zona de Morrocoy y Chichiriviche, que representan el desarrollo coralino costero más importante que se encuentra en las costas caribeñas de Venezuela. Esta sedimentación de carbonatos es una continuación en el Holoceno de los sedimentos calcáreos que se han venido desarrollando en la zona desde el Mioceno, como es el caso de los cerros Misión, Sanare y Chichiriviche, levantados por tectonismo. Algunos de estos cerros, como el Chichiriviche llegan hasta la línea de costa con altitudes de aproximadamente 200 m y presentan una morfología cárstica caracterizada por cuevas y depresiones originadas por la disolución de las calizas por el agua meteórica.

45 Otra de las particularidades más interesantes en las costas de Falcón está representada por la sedimentación eólica, la cual moviliza importantes cantidades de sedimentos en el rango de las arenas finas, limos y arcillas. Las arenas finas y algo de limos forman importantes sistemas de dunas, principalmente en la zona de La Vela de Coro y el istmo de Los Médanos, el cual es formado por la combinación de la descarga sedimentaria acarreada por las corrientes litorales y la formación de dunas por la acción eólica.

Costas centrales. Cordillera de la Costa

46 Las costas centrales de Venezuela se extienden desde Puerto Cabello (estado Carabobo) hasta cabo Codera (estado Vargas). Se caracterizan por ubicarse en una plataforma continental angosta y donde la cordillera de la Costa central constituye el rasgo morfológico más importante a lo largo de la línea de costa. El margen continental en este sector comprende de sur a norte, la costa, la plataforma, la meseta de La Guaira en la parte oriental y la depresión o cuenca de Turiamo en la parte occidental de este tramo. Al norte de ambos rasgos se encuentra la fosa de Bonaire, la cual se comunica con la plataforma y la costa somera por el cañón del río Mamo.

47 La costa central tiene una orientación oeste-este igual que la cordillera de la Costa y, precisamente con esta dirección, se encuentra la falla transcurrente de San Sebastián, la cual es una continuación de la falla de Boconó que desde los Andes viene en dirección suroeste-noreste y cerca de Puerto Cabello forma o se denomina la falla de San Sebastián. Actualmente se considera que ambas fallas conjuntamente con la de El Pilar en el oriente de Venezuela, indican el borde sur de la placa del Caribe. La falla de San Sebastián pasa inmediatamente al norte de la cordillera de la Costa, por lo tanto la alineación oeste-este de la línea de costa está relacionada con el rumbo de la falla.

48 Las costas centrales son típicas de acantilados, playas angostas y pequeñas bahías y ensenadas. Todos estos caracteres morfológicos se desarrollan por la erosión de las rocas metamórficas y formación de valles estrechos (algunos sumergidos) originados por las corrientes intermitentes y quebradas.

49 Algunas ensenadas y bahías relativamente grandes como la de Turiamo se han originado principalmente por fallas locales que con dirección general sur-norte desplazan segmentos de la cordillera de la Costa. Algunas de estas fallas continúan en mar abierto formando pequeños cañones submarinos

50 La dinámica sedimentaria de la línea de costa se caracteriza por un escaso aporte de sedimentos provenientes de los ríos y quebradas. El material sedimentario en el rango de las arenas, limos y arcillas, es transportado por las corrientes litorales a través de la línea de costa rellenando las pequeñas playas, ensenadas y bahías. En conjunto, parte de este sedimento es acarreado hasta la cuenca de Turiamo en el oeste. Todos los ríos y quebradas son de cursos pequeños ya que se originan en o cerca de la cima de las montañas.

51 Uno de los caracteres morfológicos más importantes a lo largo de la costa central está constituido por los abanicos aluviales. Estos ambientes sedimentarios se han venido desarrollando de manera constante durante todo el período Cuaternario. Los abanicos

aluviales se forman durante estados de grandes precipitaciones que ocurren en la costa y principalmente sobre la cordillera. La pendiente alta del sistema montañoso con las altas precipitaciones crea una erosión y fragmentación rápida de las rocas meta-mórficas y sedimentarias originando un estado líquido lo suficientemente viscoso como para transportar sedimentos finos y grandes bloques y peñones. Estos abanicos aluviales en su parte distal permiten la progradación y relleno de la línea de costa. Las mejores playas del litoral central y las zonas donde se encuentran los asentamientos poblacionales y clubes deportivos y recreacionales, se encuentran asentados en los abanicos aluviales. Muchos de estos abanicos aluviales están reportados en la geología del país como formaciones sedimentarias, el caso de las formaciones Maporita, Las Pailas, Playa Grande, Mare, Abisinia, La Playita, etc.

52 El desastre natural ocurrido durante 1999 en el litoral central y que genéricamente se han denominado «deslaves», son abanicos aluviales similares a los que en forma intermitente durante más de 2 millones de años han depositado sus sedimentos en la línea de costa.

FIG.10 Isleta de Píritu, estado Anzoátegui.
Fotografía Román Rangel. Ecograph

FIG.11 Bahía de Cata, estado Aragua.
Fotografía Román Rangel. Ecograph

FIG.12 La Ciénaga, estado Aragua.
Fotografía Román Rangel. Ecograph

FIG.14 Costa occidental, estado Vargas.
Fotografía Román Rangel. Ecograph

FIG.13 Camurí Chico, fotografía aérea tomada después de los eventos de 1999, estado Vargas.
Fotografía Corporación para la Recuperación y Desarrollo del estado Vargas (Corpovargas)

FIG.15 Macuto, fotografía aérea tomada después de los eventos de 1999, estado Vargas.
Fotografía Corporación para la Recuperación y Desarrollo del estado Vargas (Corpovargas)

Costas centro-orientales

53 La plataforma de Unare se extiende desde cabo Codera hasta la boca del golfo de Cariaco en la península de Araya. Esta plataforma presenta dos caracteres morfológicos muy importantes del margen continental como son la fosa de Cariaco y el banco de La Tortuga, cuyo rasgo morfológico evidente es la isla de La Tortuga.

54 A grandes rasgos, la costa se puede dividir en dos grandes sectores.

1. La zona comprendida desde el sur de cabo Codera hasta las cercanías de Barcelona. Esta zona se caracteriza por la presencia de costas generalmente lineales con una dinámica sedimentaria donde los sedimentos clásticos principalmente depositados por los ríos Neverí, Unare y Tuy entre otros, son transportados por las corrientes marinas litorales. Estos sedimentos forman barras de arenas litorales las cuales en áreas específicas han permitido el desarrollo de lagunas costeras y albuferas, como son las lagunas de Tacarigua, Unare y Píritu.

2. La zona de acantilados comprendida entre Barcelona-Puerto La Cruz hasta Cumaná. Son costas de acantilados, golfos, pequeñas bahías y ensenadas, ya que generalmente el piedemonte de la cordillera de la Costa oriental forma parte de la línea de costa. La sedimentación clástica en esta trama costera se deriva del aporte de sedimentos de pequeños ríos que descienden de la cordillera, el principal de los cuales es el Manzanares. Estos sedimentos son transportados por las corrientes litorales. En algunas áreas costeras, las aguas son propicias para el desarrollo de biota calcárea y coralina como ocurre en la bahía de Mochima.

Fosa de Cariaco

55 Se extiende de oeste a este y está situada inmediatamente al norte de la plataforma de Unare y al sur de la plataforma de La Tortuga. En las zonas más someras de la fosa, ésta se encuentra circundada por la isóbata de 183 m. Su longitud máxima es de 210 km y con un ancho de 70 km. La fosa está dividida en dos cubetas, la cubeta occidental de Cariaco y la cubeta oriental de Cariaco, ambas con profundidades máximas de 1.373 m, separadas por un umbral de 900 m. Al noreste de la fosa de Cariaco se encuentran dos fosas más pequeñas denominadas cubeta de Margarita y cubeta de Araya.

56 Los estudios realizados en la fosa de Cariaco indican que por debajo de los 475 m prevalecen condiciones anaeróbicas, con disminución casi completa del oxígeno al llegar a estas profundidades y aumento de H_2S con el aumento de la profundidad. El ambiente sedimentario en la fosa es reductor con preservación de hasta 4% de carbono orgánico. En el fondo los sedimentos superficiales se caracterizan por limos arcillosos de color gris oscuro a negro y un contenido fósil con predominio de ciertos foraminíferos planctónicos como *Globegerina bulloides*, pterópodos, radiolarios y diatomeas.

Plataforma de La Tortuga

57 Aun cuando la plataforma de La Tortuga se encuentra bastante alejada de las costas, es de gran importancia en el margen centro-oriental de Venezuela ya que sirve de límite y barrera por el norte a la fosa de Cariaco y además en esta plataforma se encuentra La Tortuga, la segunda isla en tamaño, después de Margarita. La Tortuga es una isla

eminentemente coralina con grandes desarrollos de biota calcárea en terrazas levantadas del Pleistoceno, así como los arrecifes frangeantes que se están desarrollando alrededor.

Lagunas costeras

58 En este sector se encuentran la laguna de Tacarigua (estado Miranda) y las lagunas de Píritu y Unare (estado Anzoáteguí). Todas las lagunas costeras en el mundo similares a éstas, se formaron durante los estados finales de la actual transgresión del Holoceno, cuando la velocidad de ascenso del nivel del mar disminuyó. Las edades, aun cuando son variables, generalmente se sitúan entre 4.000 y 2.000 años atrás.

59 **Laguna de Tacarigua.** Posee una superficie aproximada de 68 km^2, con 28 km de longitud (NO-SO) y 5 km de ancho y un promedio de profundidad de 1 m. El desarrollo de manglares cubre un 20% de la superficie de la laguna, la cual está separada del mar por un sistema de barras de arena de 300 a 1.000 m de ancho, de origen marino. El sedimento interno de la laguna está formado por limos, arcillas y en algunas zonas capas de arena. Las arcillas están constituidas principalmente por el mineral caolinita. Las barras de arena de clásticos siliceos presentan también fragmentos calcáreos de foraminíferos, gasterópodos y ostrácodos. Las precipitaciones tienen un promedio de 1.270 mm por año, mientras que la evaporación es del orden de 1.854 mm por año, por lo cual corresponde a un clima semiárido. El río Guapo, cuyo cauce fue desviado para desembocar en el oeste de la laguna y contrarrestar la alta evaporación, deposita una gran cantidad de sedimentos que se distribuyen con la forma de un pequeño delta.

FIG.16 Laguna de Tacarigua, estado Miranda.
Fotografía Román Rangel. Ecograph

60 **Lagunas de Unare y de Píritu.** Se encuentran situadas en las costas del estado Anzoátegui. Son dos lagunas costeras separadas por el pequeño delta formado por el río Unare. La laguna de Unare tiene 25 km de largo de oeste a este y 6 km de ancho de norte a sur, con 0,8 m de profundidad en promedio. La barra de arena que separa la laguna del mar abierto tiene de 300 a 600 m de ancho y presenta dos bocas o entradas que comunican la laguna con mar abierto.

61 La laguna de Píritu está situada al este de la laguna de Unare con una longitud en dirección oeste-este de 16,5 km y un ancho máximo de unos 5 km. La barra de arena que separa la laguna del mar abierto tiene de 100 a 300 km de ancho con una boca que comunica ambos sistemas de unos 200 m de ancho y una profundidad de 3,5 m, situada hacia el este del sistema. Edades radiométricas por medio de C^{14}, obtenidas en sedimentos relacionados con el origen de la laguna, indicaron una edad entre 3.940 y 2.710 años atrás (Roa-Morales, 1990). El sedimento en ambas lagunas está constituido principalmente por limos y arcillas terrígenas, así como moluscos (principalmente gasterópodos) y en menor proporción, foraminíferos bentónicos y ostrácodos. El sedimento posee un alto contenido de materia orgánica. Ambas lagunas se encuentran en una zona semiárida con niveles de evaporación (2.000 mm por año) mucho más altos que los de precipitación (700 mm por año). Durante la época de sequía, en las zonas menos profundas de la laguna de Píritu, la alta evaporación forma evaporitas a la manera de costras salinas. Ambas lagunas reciben el aporte de agua dulce del río Unare.

COSTAS ORIENTALES. PLATAFORMA DE MARGARITA-TOBAGO

62 Las costas orientales son generalmente rocosas y de acantilados. Este tipo de costas comienza en Barcelona-Puerto La Cruz y finalizan en el extremo oriental caribeño de la península de Paria. Sin embargo, el sector comprendido entre Barcelona-Puerto La Cruz ha sido considerado en el tramo centro-oriental por corresponder a una plataforma y margen continental con elementos comunes. Por lo tanto, el sector oriental corresponde en esta descripción al sector entre Cumaná y las penínsulas de Araya y Paria.

63 Las costas de esta zona se desarrollan sobre una línea costera dominada por la cordillera de la Costa oriental, por lo tanto son costas rocosas y de acantilados.

64 Las costas de acantilados generalmente son abruptas, con playa estrechas, de pendientes altas y que rápidamente aumentan de profundidad. Las costas son más abruptas en el sector de la península de Paria que en la península de Araya. En la península de Paria los acantilados y pequeñas bahías son más comunes y presentan procesos de erosión activos, no sólo por las corrientes marinas superficiales, sino derivados de pequeños ríos y quebradas, indicando una mayor dinámica sedimentaria de origen fluvial en el pasado geológico.

65 Todo el sector está circunscrito en una plataforma continental muy amplia denominada plataforma de Margarita-Tobago, por lo cual las playas son relativamente someras, aun cuando rápidamente adquieren profundidades de 15 y 20 m. Inclusive a varios km de las costas, la profundidad de las aguas aumenta sólo ligeramente. Entre las costas septentrionales de la península de Araya y la isla de Margarita, con una distancia de aproximadamente 40 km, las profundidades promedio en la plataforma son de 25 m. Entre las costas septentrionales de la península de París y el archipiélago de Los Testigos hay una distancia aproximada de 70 km y las profundidades en promedio son de 35 a 40 m.

66 Esta amplia plataforma se extiende aproximadamente por 250 km de oeste a este desde el extremo occidental de la isla de Margarita hasta las costas orientales de la isla de

Tobago y un promedio de 70 km de sur a norte. En la plataforma se encuentra la isla de Margarita, las islas de Coche y Cubagua y los islotes de Los Testigos. Igualmente, en la plataforma se encuentra la isla de Tobago y toda la parte norte de la isla de Trinidad, cuya zona septentrional es una continuación de las características geológicas y morfológicas de la cordillera de la Costa oriental.

FIG.17 Playa Medina, estado Sucre.
Fotografía Román Rangel. Ecograph

FIG.18 Bahía del Silencio,
Parque Nacional Mochima, estado Sucre.
Fotografía Román Rangel. Ecograph

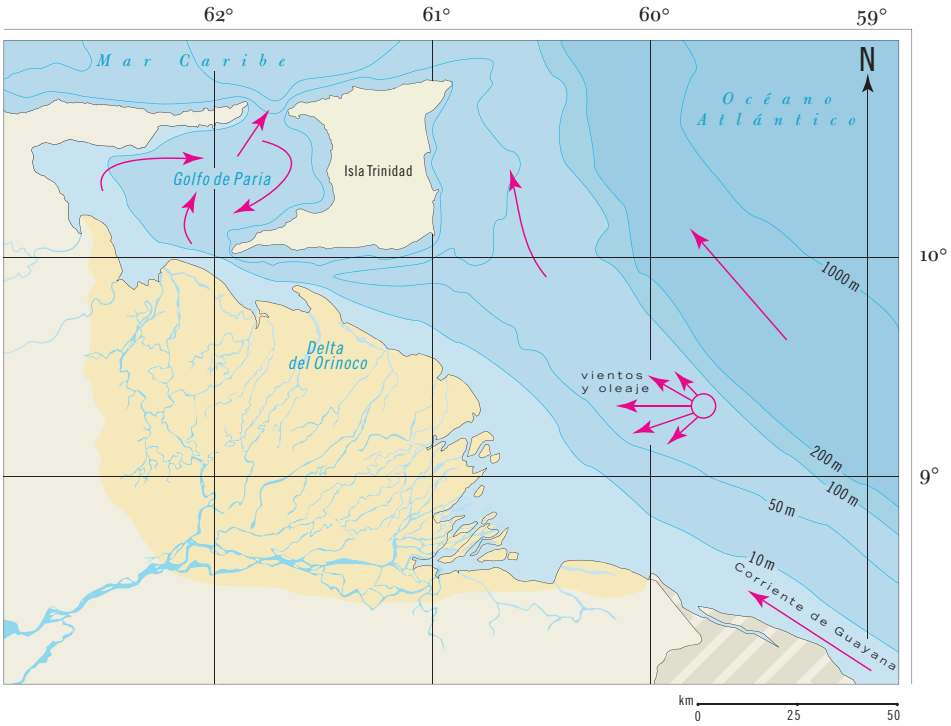
FIG.19 Bahía del Silencio, Parque Nacional Mochima, estado Sucre.
Fotografía Román Rangel. Ecograph

Costas atlánticas de Venezuela

67 Las costas atlánticas de Venezuela son muy diferentes a las del Caribe, tanto en su origen, morfología y la tectónica regional de la zona. Las costas atlánticas comprenden dos sectores: la zona deltaica del delta del Orinoco y el área del golfo de Paria (FIG. 20).

68 En ambos casos son costas progradantes y constructivas, avanzando sobre la plataforma en dirección este, añadiendo continuamente nuevas tierras y costas al territorio nacional.

FIG. 20 Batimetría de la plataforma continental en el delta del Orinoco. Patrón de corrientes, vientos y oleaje. La plataforma extensa de aguas someras favorece la sedimentación y progradación deltaica.



69 Las costas del atlántico se forman por la sedimentación, la cual se deriva de dos fuentes:

1. Los sedimentos acarreados por el río Orinoco y sus afluentes desarrollando el delta del Orinoco.
2. Los sedimentos provenientes desde el río Amazonas y ríos de la Guayana Francesa, Surinam y Guyana, que se van depositando en las costas de estas regiones, y gran parte de ellos son acarreados por la corriente de Guayana hasta el delta del Orinoco, golfo de Paria y determinadas regiones del océano Atlántico y mar Caribe.

70 Las costas atlánticas presentan tres tipos específicos:

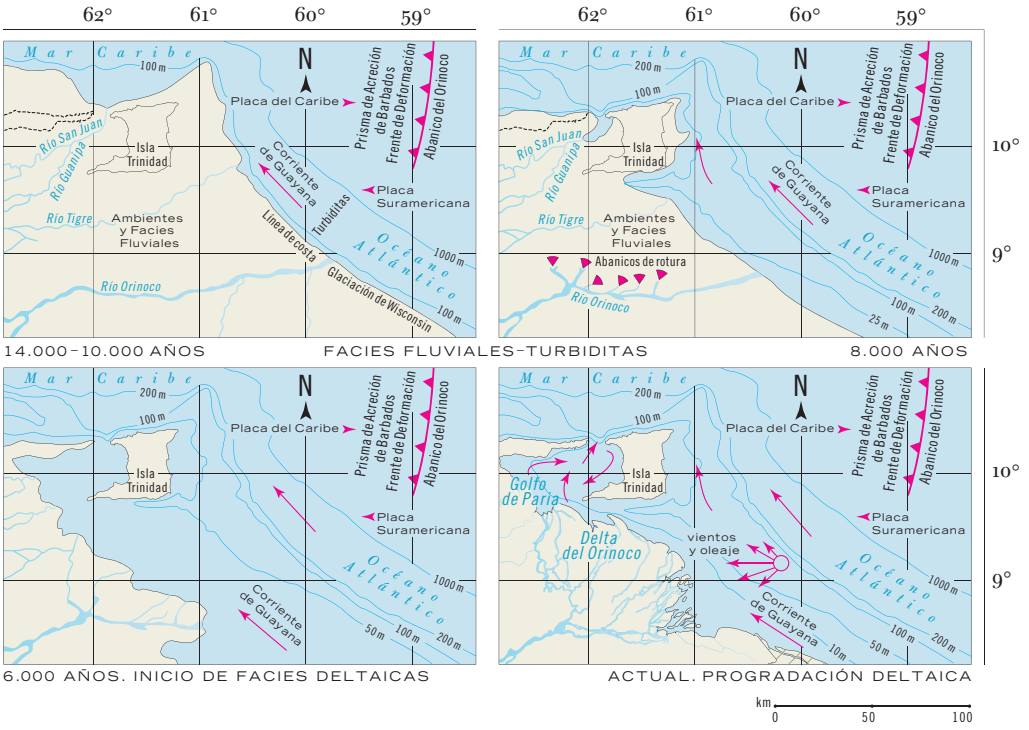
1. Costas deltaicas formadas por el avance en dirección este del delta del Orinoco.
2. Costas situadas en el golfo de Paria, el cual está siendo rellenado por los sedimentos deltaicos.
3. Costas dominadas por la cordillera de la Costa oriental situadas en el sur de la península de Paria.

Costa del delta del Orinoco

71 La costa atlántica originada por el delta del Orinoco se encuentra en una plataforma continental muy extensa. De hecho, todos los grandes deltas del mundo se han desarrollado sobre amplias plataformas, puesto que las formaciones de ambientes deltaicos y sus posteriores progradaciones necesitan de plataformas amplias y con declives muy suaves.

72 La costa deltaica y el delta del Orinoco actual comenzaron su formación hace aproximadamente 6.000 años y ha avanzado en este tiempo entre 60 y 100 km, dependiendo de los sectores (FIG. 21). Las costas deltaicas se forman y avanzan basadas en la acumulación de arenas, limos y arcillas sobre la plataforma muy somera, por lo tanto la línea de costa es muy llana en cuanto a la profundidad del agua. Por otra parte, en las aguas adyacentes a la línea de costa se forman grandes bancos de arena o de limo y arcilla, los cuales durante el nivel de la marea baja quedan casi al nivel de la superficie.

FIG. 21 Etapas de formación del delta del Orinoco.
En la regresión marina no se formó el delta y el Orinoco desembocaba directamente como río. El delta comienza entre 7.000 a 6.000 años con el ascenso del nivel del mar en el Holoceno.



73 Las costas están sujetas a las fuertes corrientes superficiales de la corriente de Guayana que con dirección general sureste-noroeste distribuyen el sedimento en la línea de costa y la plataforma continental. En ciertos sectores del delta las corrientes originan una morfología característica del delta y la línea de costa originando la formación de lo que se denomina «cabos lodosos» y desviando el curso de los caños en su desembocadura hacia el noroeste. El nivel de fluctuación de las mareas es el más alto de las costas de Venezuela y estas fluctúan, dependiendo de los sectores entre 1,4 a 1,7 m entre mareas, lo cual entre líneas de costas muy someras permite una gran fluctuación en la expan-

sión de las costas. Todas estas características hacen que las costas del delta del Orinoco sólo puedan ser navegables por pequeñas embarcaciones de pescadores de la zona y de Trinidad. Inclusive hasta las embarcaciones pequeñas tipos peñeros de 16 a 20 pies cuando navegan muy cerca de la costa, necesitan tomar en cuenta la presencia de los bancos de arena y el nivel de las mareas, para no quedar innecesariamente varados.

74 Los buques de regular a gran calado solamente navegan, por precaución, en las zonas de la plataforma donde la profundidad supera los 30 m. Los buques que navegan por el Orinoco salen por el canal principal del río Grande (la desembocadura más importante del Orinoco), el cual constantemente necesita ser dragado para evitar el exceso de acumulación de los sedimentos transportados por el río.

Golfo de Paria

75 Las costas del golfo de Paria son similares a las del delta del Orinoco: son, por lo tanto, costas activas de progradación. El golfo de Paria se está rellenando con los sedimentos provenientes del delta y los transportados por la corriente de Guayana. Parte de esta corriente penetra al golfo por la boca de Serpientes y sale al Caribe por boca de Dragón (entre la península de Paria y Trinidad). Los caracteres morfológicos en la línea de costa son igualmente similares a los del delta, ya que es una continuación en dirección noroeste del propio delta. Los efectos de la corriente de Guayana y el nivel de las mareas son similares a los ejercidos en el delta. Inclusive, se estima que el nivel de las mareas en la desembocadura del río San Juan es ligeramente mayor en promedio al del propio delta, siendo de 1,8 m. En el sur de la península de Paria las costas son diferentes a las descritas anteriormente, ya que están condicionadas por el sistema de la Costa oriental. Son costas en algunos sectores con pequeñas bahías y ensenadas, así como pequeños valles desarrollados por ríos intermitentes y quebradas. Son, por lo tanto, costas rocosas y de acantilados.

EL DELTA DEL ORINOCO

76 Un delta se forma cuando el volumen de sedimentos acarreados hasta la línea de costa por un río más los sedimentos transportados por las corrientes marinas a lo largo de la costa hasta la desembocadura, no son dispersados y distribuidos eficazmente. De esta forma, los sedimentos se acumulan en la desembocadura del río y van constituyendo una planicie sedimentaria denominada delta. Dependiendo del volumen de sedimentos acarreados por un río, de la magnitud de las corrientes marino-costeras y de la amplitud de las mareas, los deltas varían en cuanto a la forma y la distribución del sedimento en las llanuras deltaicas. Hay deltas desarrollados principalmente por los sedimentos del río, o por las corrientes marinas o las mareas. Finalmente, en deltas como el del Orinoco, los tres parámetros son fundamentales e indispensables para la acumulación del sedimento y construcción deltaica (FIGS. 23, 24, 25).

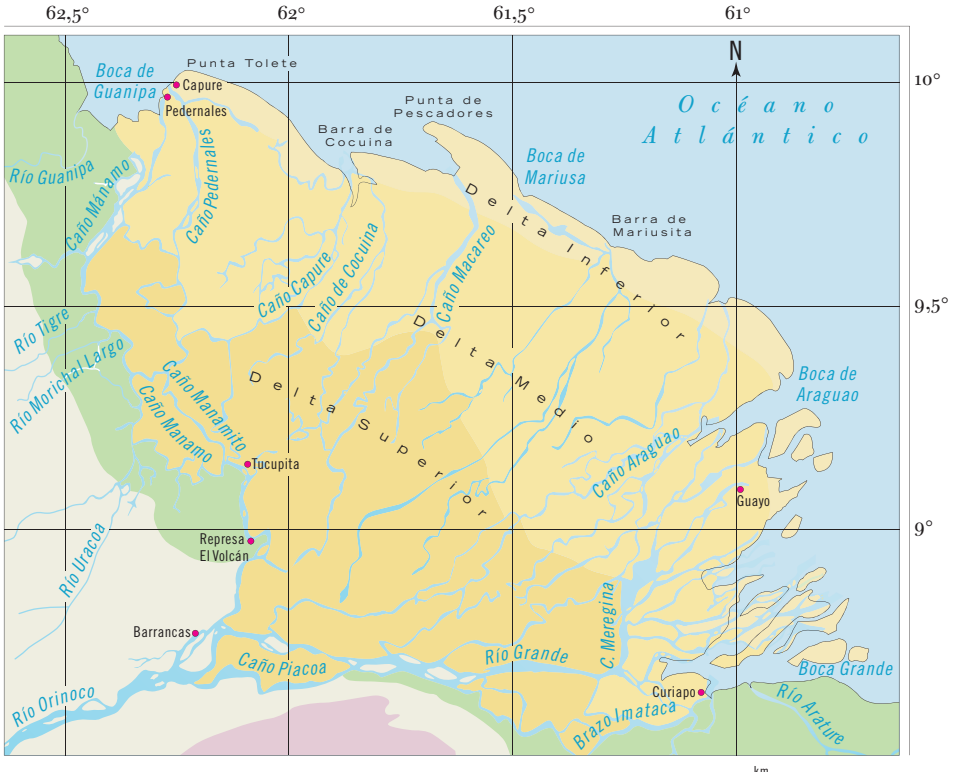
77 El delta del Orinoco con aproximadamente 30.000 km^2 posee características muy particulares derivadas de su condición de delta oceánico. Es un delta controlado y moldeado morfológicamente en cuanto a sus facies sedimentarias, por el sedimento de fondo y en suspensión acarreado por el río Orinoco, por la acción de las mareas y por el

oleaje y la corriente de Guayana. Esta corriente no sólo distribuye el sedimento en la línea de costa y plataforma continental somera, sino que acarrea desde la desembocadura del río Amazonas y a lo largo de las costas de la Guayana, una carga de sedimento en suspensión equivalente al depositado por el río Orinoco.

78 La cuenca hidrográfica del río Orinoco drena el 75% del territorio de Venezuela y la mayor parte de los llanos orientales de Colombia, abarcando una superficie aproximada de un millón de km², de los cuales 640.000 km² corresponden a Venezuela. El río Orinoco posee una longitud de 2.200 km desde sus cabeceras en el cerro Delgado Chalbaud, entre las sierras Parima y Unturán, hasta la desembocadura en forma de delta en el océano Atlántico.

79 En relación al caudal de agua y aporte de sedimentos para el océano, el río Orinoco es el tercero y octavo en el mundo (Milliman y Meade, 1983). De acuerdo al cálculo de disponibilidad de aguas en Sudamérica, el río Amazonas representa el 76% del escurrimiento total, seguido por el Orinoco con 14,5%, correspondiendo el restante del escurrimiento a los otros ríos de la región (Pérez Hernández y López, 1998a). De acuerdo al caudal medio del río y el área de drenaje del mismo, el Orinoco posee los valores más altos de rendimiento líquido unitario, con 0,0374 m³/s/km², siendo mayor que el del Amazonas, el cual es de 0,0325 m³/s/km² (Pérez Hernández y López, 1998a).

FIG. 22 Delta del Orinoco. Geología general, hidrografía y división en delta superior, medio e inferior.



Holoceno. Delta del Orinoco. Facies y sedimentos deltaicos.
Precámbrico. Sierra de Imataca. Escudo de Guayana.
Pleistoceno tardío y Holoceno. Planos costeros y facies deltaicas.
Pleistoceno. Formación Mesa y facies fluviales del Holoceno.

FIG.23 Delta del Orinoco.
Fotografía Román Rangel

FIG.24 Delta del Orinoco.
Fotografía Román Rangel

FIG.25 Delta del Orinoco.
Fotografía Román Rangel

80 El caudal medio del Orinoco registrado en Ciudad Guayana y en Punta Cabrián a la entrada del delta, es de 36.500 m^3/s (Pérez Hernández y López, 1998a). Estos autores estimaron la media del caudal para los meses de julio, agosto y septiembre en 60.000 m^3/s, llegando a niveles máximos de 80.000 m^3/s.

81 La carga total de sedimentos en el río Orinoco no es bien conocida. Meade *et al.*, (1990), indican una descarga promedio anual de 150 x 10^6 toneladas por año. Nordin en 1988 estimó una descarga anual de sedimentos de 240 x 10^6 toneladas/año, de las cuales 34 x 10^6 corresponden a sedimentos de carga de fondo. Las relaciones entre el caudal de agua y el volumen de sedimentos son importantes para la formación del delta. Se estima que el volumen de sedimentos aportado por la corriente de Guayana hasta el delta es más o menos similar al transportado por el Orinoco. Por lo tanto, la formación del delta se debe a la combinación de ambas fuentes de sedimentos.

82 El delta del Orinoco presenta cuatro grandes caños principales los cuales son el río Grande y los caños Araguao, Macareo y Mánamo, este último muy disminuido en su caudal de agua debido al cierre parcial en el canal por la represa El Volcán. Otros caños importantes se derivan de los anteriores como son el Pedernales, Capure, Cocuina, Mariusa, Araguao, Tucupita, etc., los cuales se han formado por rotura de los diques naturales de los caños principales, o por ocupar parcialmente parte de los caños abandonados del delta durante su evolución geológica.

83 El delta, como tal, se puede dividir en tres partes de acuerdo a su evolución, facies sedimentarias y procesos, entre los cuales existe una interacción en su formación (Méndez, 2000) (FIG. 22). El delta superior está formado por facies fluvio-deltaicas con canales actuales y abandonados, zonas de meandros abandonados, barras de meandro, lagunas en media luna, diques naturales, llanuras de inundación fluvio-deltaicas, abanicos de rotura, etc. En esta zona, las facies fluviales predominan y se puede considerar que se extienden hipotéticamente hasta donde los diques naturales de los caños importantes están bien desarrollados.

84 El delta medio se extiende a partir del escaso desarrollo de los diques naturales en los caños y disminución de arena e incremento de limos y arcillas en éstos. El ambiente sedimentario está predominantemente formado por llanuras de inundación, zonas de pantanos y formación de turbas. La mayor parte de estos ambientes se encuentran inundados todo el año y son muy dependientes de la acción de las mareas que ante la ausencia de diques naturales formados, las áreas de las llanuras deltaicas más cercanas a los caños son inundadas.

85 Hacia el centro de las sabanas el agua fresca mantiene un nivel de inundación aun en la época de sequía, desarrollando extensas zonas de morichales y facies de turbas. Estas áreas actúan como recipientes naturales de aguas meteóricas y dan origen a numerosos caños pequeños de «aguas negras».

86 El delta inferior comprende una franja relativamente estrecha entre el delta medio y la línea de costa, siendo el área de progradación activa actual. Está sujeto a las tres variables de formación importantes como son la descarga de sedimentos, la acción de las

mareas y el oleaje y la corriente de Guayana. Se puede dividir en tres sectores o ambientes. 1) El área de ambientes tipo estuario de río Grande, cuyas características morfológicas y sedimentarias son controladas por la descarga de sedimentos y la acción de las mareas; 2) La línea de costa desde el extremo norte en la desembocadura del caño Araguao hasta la punta de Capure, dominada por la acción de la corriente de Guayana y el oleaje como factores en el desarrollo de facies de línea de costa; 3) El ambiente estuarino de la bahía de Guanipa, donde la acción de las mareas es el parámetro más importante en la distribución de sedimentos y caracterización de facies, principalmente con el cierre parcial del caño Mánamo.

87 La línea de costa deltaica entre la punta de Pescadores en la desembocadura del caño Macareo y la bahía de Guanipa, está experimentando un cambio en los patrones de sedimentación, los cuales están activando los procesos erosivos diferenciales y disminuyendo la rata de progradación deltaica en estas zonas. El cambio de sedimentación se manifiesta en una mayor proporción de sedimentos en el rango de las arenas, las cuales están desarrollando a todo lo largo de la costa un sistema de facies de lomas de playa (*cheniers*). Estas facies de arenas se están depositando sobre los limos y arcillas infrayacentes las cuales conjuntamente con las comunidades de manglar mantenían un proceso muy activo y rápido de progradación. La disminución en los limos y arcillas inhibe el crecimiento del manglar, mientras que la sedimentación de arenas induce a un proceso de erosión diferencial, ya que se reduce la rata de progradación más rápida de los limos y arcillas con respecto a las arenas. En realidad es un cambio de sedimentación cíclica, el cual ha sido motivado por el cierre parcial del caño Mánamo. De esta forma, el caudal del caño Macareo y el volumen de sedimentos acarreados en suspensión y como carga de fondo en este caño, ha aumentado en más de dos veces en los últimos treinta años, cambiando los patrones de sedimentación y desarrollo de facies en la línea de costa. Igualmente, es importante destacar que el acarreo y descarga de nutrientes en las áreas de inundación, principalmente del delta medio, inferior y la línea de costa, ha cambiado notablemente, ya que la cuenca hidrográfica controlada por el caño Mánamo, el cual representa un 25% del total del delta, no posee en la actualidad el poder de regeneración e influjo de sedimentos y nutrientes en los ambientes de inundación y descarga final.

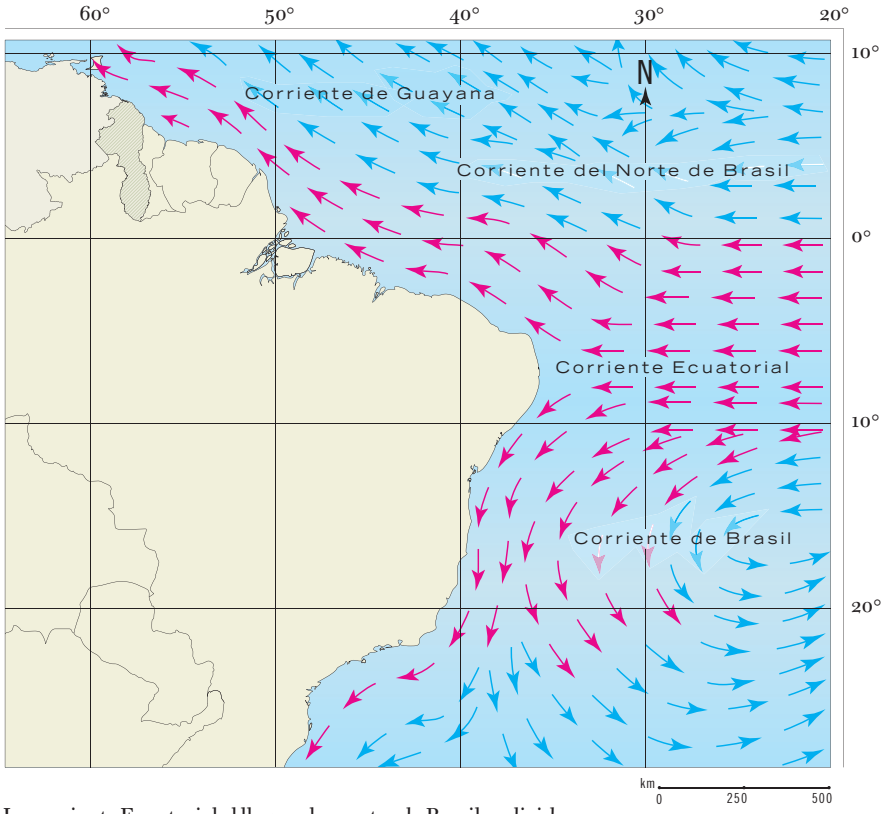
CORRIENTES MARINAS EN LAS COSTAS DEL ATLÁNTICO Y CARIBE DE VENEZUELA

Costa atlántica

88 La costa del Atlántico de Venezuela que corresponde al delta del Orinoco y golfo de Paria está dominada por la corriente de Guayana. Esta corriente es, en términos generales, una continuación de la corriente del Norte de Brasil, la cual es, a su vez, una continuación de la corriente Ecuatorial del Atlántico Sur. Las aguas del Atlántico Sur se bifurcan en el cabo San Roque o cabo Blanco en Brasil, que representa la parte más oriental de América del Sur. Una parte se dirige al SO y se denomina corriente del Brasil. La otra porción se dirige al NO y se denomina corriente del Norte de Brasil. Esta corriente al pasar por la desembocadura del río Amazonas es influenciada por las

aguas dulces de este río. A partir de las costas y plataforma de la Guayana Francesa una parte se separa de las costas y plataforma continental y se une a la corriente Ecuatorial al norte (FIG. 26).

FIG. 26 Origen de la corriente de Guayana partiendo desde la corriente Ecuatorial.



La corriente Ecuatorial al llegar a las costas de Brasil se divide y forma la corriente de Brasil hacia el sur y la corriente del Norte de Brasil la cual en la plataforma marina de las guayanas se denomina corriente de Guayana.

89 Al continuar en dirección NO por las costas y plataformas de Guayana Francesa, Surinam, Guyana, delta del Orinoco, golfo de Paria y este de Trinidad, se denomina corriente de Guayana (Condie, 1991). Finalmente, penetra al mar Caribe. Además de las aguas del Amazonas, la corriente también es parcialmente modificada por las aguas de los ríos que desembocan desde Guayana Francesa, Surinam, Guyana y, sobre todo, por la descarga del Orinoco. Por lo tanto, las aguas de la corriente de Guayana que penetran al Caribe presentan menor salinidad y son muy ricas en nutrientes (FIG. 22).

90 Las corrientes totales en el delta del Orinoco presentan una tendencia a dirigirse hacia el N y NO durante todo el año, en virtud del fuerte predominio de la corriente de Guayana (Herrera y Masciangioli, 1984). Las velocidades medias mensuales registran sus valores máximos durante los meses de febrero a abril, y los mínimos entre agosto y octubre. Para el mes de abril las corrientes pueden tener velocidades máximas de 90 cm/seg y promedios de 72 cm/seg, mientras que para septiembre y noviembre se han calculados velocidades máximas de 44 cm/seg (noviembre) y promedios para septiembre de 31 cm/seg (Herrera y Masciangioli, 1984).

91 Las mareas frente al delta del Orinoco son del tipo semidiurno, es decir, cada 12,4 horas se produce una pleamar y una bajamar. Las alturas de las mareas son mayores cerca de la costa, particularmente cerca de la desembocadura de los caños o ríos donde la amplificación de la onda de la marea es apreciable. Esta onda presenta características mixtas (alternantes) de ondas progresivas y estacionarias. La marea llenante dura más que la marea vaciante, con una diferencia de tiempo que oscila entre 15 y 20 minutos.

92 La amplitud de las mareas en Boca Grande es del orden 1,7 m, decreciendo aguas arriba a 0,6 m en Barrancas (Eisma *et al.*, 1978). En la zona de Pedernales el nivel máximo es de 1,3 m y en la desembocadura del río San Juan es de 1,4 m, mientras en el delta medio presenta un nivel máximo de 1,2 m (Van Andel, 1967). Herrera *et al.* (1981), estiman variaciones entre la marea baja y alta de 2,0 y hasta 2,4 m, principalmente en las áreas de Boca Grande y Boca de Guanipa, mientras que en las zonas de la costa central deltaica los niveles son menores. Sin embargo, estos niveles parecen muy altos, y en una estación ubicada cerca de la desembocadura del Araguao, se indican fluctuaciones máximas de 1,60 m (Herrera y Masciangioli, 1984).

Corrientes en el mar Caribe

93 Para describir el sistema de corrientes marinas que operan en las costas caribeñas de Venezuela es necesario comprender el origen del sistema de corriente en el mar Caribe y de la corriente Caribe en general, nombre con el cual se designa al sistema de corrientes que se desarrollan en este mar interior (FIG. 27).

94 El Caribe es un mar parcialmente encerrado entre las costas septentrionales de Venezuela y Colombia por el sur, América Central por el oeste, la península de Yucatán, Cuba, la isla de La Española (Haití y República Dominicana) y Puerto Rico por el noroeste, norte y noreste y por el arco de las Antillas Menores por el este. Toda la cadena de islas, tanto de las Antillas Mayores (Cuba, Española y Puerto Rico) como de las Antillas Menores (desde Guadalupe a Granada), así como los bancos, montes submarinos y canales profundos entre las islas, separan al Caribe del océano Atlántico y actúan como un tamiz para la afluencia del agua del Atlántico hacia el Caribe.

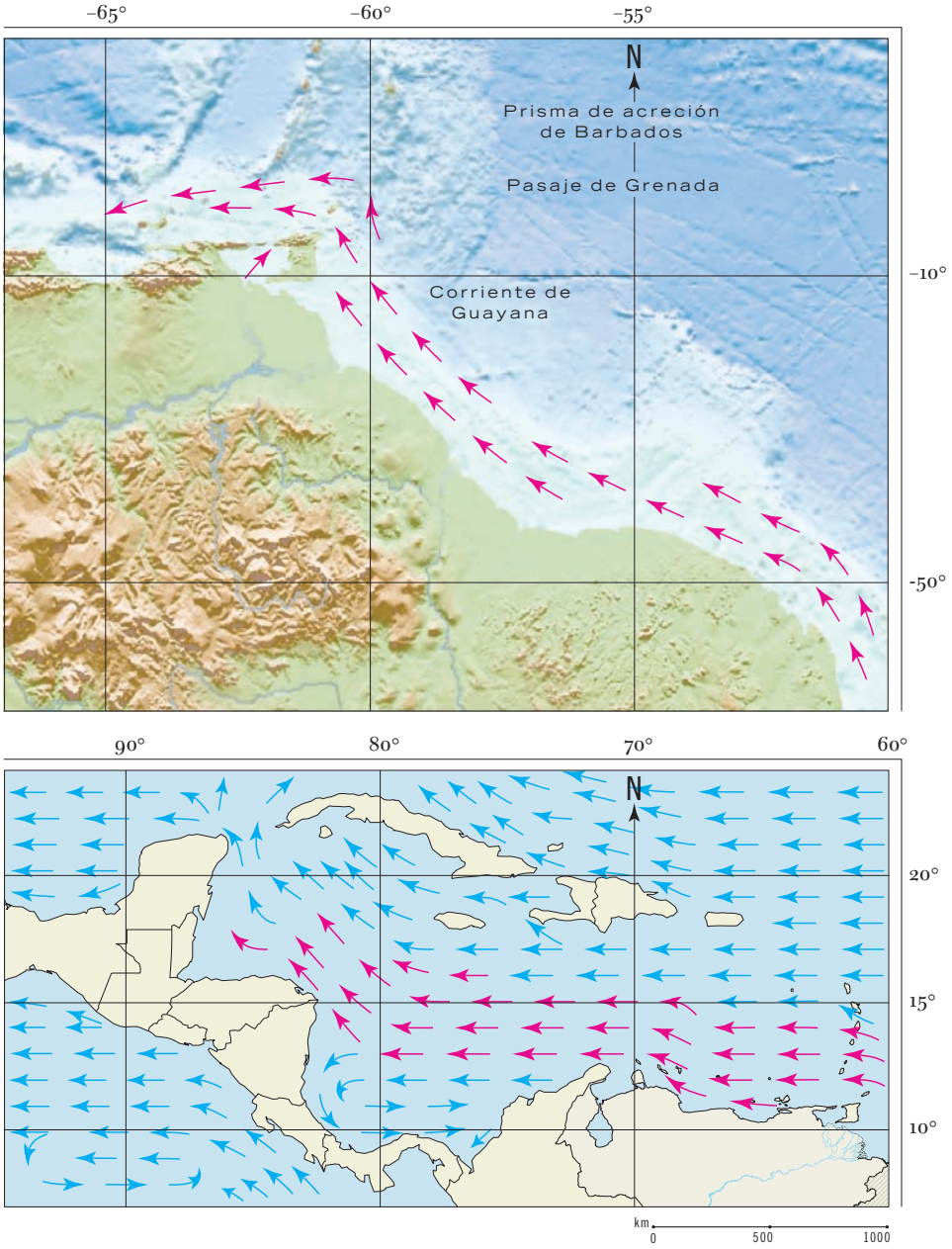
95 Las aguas del mar Caribe son altamente estratificadas en los 1.200 m superiores de la columna de agua; poco estratificadas entre los 1.200 y 2.000 m; y casi homogéneas a partir de los 2.000 m de profundidad. Esta estructura de las aguas se relaciona directamente con las características morfológicas y profundidades de las elevaciones submarinas y pasajes profundos situados entre el arco de islas del Caribe y el Atlántico, ya que impiden el paso de las aguas profundas derivadas de este último (Gordon, 1967).

96 Los diversos pasajes y estrechos por los cuales penetra el agua del Atlántico al Caribe son los siguientes, de sur a norte: Granada, San Vicente, Santa Lucía, Martinica, Dominica, Anegada (entre Dominica e islas Vírgenes), islas Vírgenes, Mona (entre Puerto Rico y Española) y pasaje Windward (entre Cuba y Española) (Kinder *et al.*, 1985).

97 Los análisis hidrográficos históricos y los modelos numéricos realizados indican que el agua fluye en el mar Caribe principalmente por los pasajes de Granada, San Vicente y

Santa Lucía, del grupo del arco de islas de las Antillas Menores situadas al sureste y continúa hacia el oeste como la corriente del Caribe (Wust, 1964; Gordon, 1967; Hernández-Guerra y Joice, 2000; Johns *et al.*, 2002).

FIG. 27 El gráfico superior indica la dirección general de la Corriente del Caribe. El gráfico inferior indica las características más resaltantes de la fisiografía marina en el Caribe entre las cuales se destacan el actual arco de islas volcánicas donde se encuentran las Antillas Menores y el arco anterior, sin actividad volcánica, en el cual está la prominencia de Aves e Isla de Aves.



98 Existen controversias sobre el volumen de agua que penetra al Caribe y las proporciones que atraviesan por los distintos pasajes submarinos. En términos generales se estima que al Caribe penetran aproximadamente 30 x 10^6 m^3/seg, lo cual se expresa como 30 Sv (1 Sv equivale a un millón de m^3/s). Las aguas que entran al Caribe se originan tanto en el Atlántico Norte como en el Sur. En forma general, el origen de estas aguas se puede determinar por los análisis de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, etc. Las aguas originadas en el Atlántico Sur son menos salinas y tienen más oxígeno disuelto que las del Atlántico Norte a la misma densidad (Wilson y Johns, 1997), y a partir de cabo San Roque en el nordeste de Brasil originan la corriente de Guayana que se desplaza por la plataforma continental en dirección NO.

99 Cuando la corriente de Guayana penetra al Caribe lo hace entre la plataforma de Margarita-Tobago y la isla de Granada, lo cual constituye el pasaje de Granada, y los pasajes de San Vicente y Santa Lucía, entre otros. Una vez en el Caribe la corriente, ya denominada corriente del Caribe, toma dirección oeste. Febres-Ortega y Herrera (1976) estiman que aproximadamente un 70% de las aguas que penetran al Caribe pertenecen a la corriente de Guayana.

100 Los flujos más fuertes de esta corriente se encuentran a lo largo de las costas de Venezuela y la cadena de islas situadas en el margen continental (Aruba, Curazao, Bonaire, Las Aves, Los Roques, La Orchila, La Blanquilla, etc.), con velocidades de 70 cm/s. A lo largo de las costas caribeñas de Colombia y Panamá las velocidades son del orden de 60 cm/s.

MAREAS. CORRIENTES DE MAREA

101 Las mareas son los ascensos y descensos periódicos de las aguas marinas y oceánicas como resultado de la atracción lunar (principalmente) y del sol. Las mareas se dividen en verticales (alta y baja) y horizontales (corrientes de marea). En la mayor parte del Caribe las corrientes originadas por las mareas son periódicas, cuyos ciclos se completan en 24 horas y su dirección predomina en un determinado sentido durante la mitad del período, para luego hacerse aproximadamente opuesta durante el resto del ciclo. Además de este tipo de corrientes de marea, cerca de las costas de Venezuela, en el margen y la plataforma de Falcón oriental, se encuentran mareas del tipo diurno rotatorio ya que no se definen en una dirección determinada y tienden a cambiar constantemente de dirección. El vector de velocidades va rotando hasta completar un giro de 360° cerca de 24 horas.

102 En la mayor parte del Caribe las velocidades de las corrientes de marea están entre 2 y 4 cm/s. A lo largo de las costas de Venezuela se encuentran velocidades de aproximadamente 9 cm/s. En el golfo de Venezuela las velocidades son mayores y pueden alcanzar un máximo de 14 a 20 cm/s.

NIVELES DE LAS MAREAS

103 Las variaciones de la marea han sido muy poco estudiadas en las costas de Venezuela correspondientes al mar Caribe. En términos generales, las mareas son muy pequeñas y fluctúan en el orden de 30 a 40 cm. Las fluctuaciones más altas de marea ocurren en el

golfo de Venezuela, costa oriental de Falcón y en las costas del estado Sucre. En La Guaira los niveles de marea fluctúan entre 52,4 y 39 cm en el año (Roa-Morales, 1991). Niveles muy similares se encuentran en Puerto Cabello, Cumaná y Maracaibo. En el canal que comunica el lago de Maracaibo con el golfo de Venezuela los niveles más altos presentan un rango anual de 110 cm, descendiendo hasta 54 cm en Maracaibo.

CADENA DE ISLAS EN LAS COSTAS DE VENEZUELA

104 Venezuela es el país caribeño con mayor extensión de costas y mayor cantidad de islas situadas en la plataforma y margen continental. La mayor parte de las islas de Venezuela han sido estudiadas detalladamente para conocer su origen y relación con respecto a la placa Caribe y evolución del margen continental como borde meridional del desplazamiento O-E de la placa tectónica caribeña. Para estos estudios se han clasificado con detalle los diversos tipos de rocas ígneas y metamórficas del basamento de las islas, así como las edades de estas rocas con métodos de desintegración radioactiva o de isótopos radioactivos (Santamaría y Schubert, 1974). También se ha estudiado en detalle el origen y edad de las formaciones coralinas del Pleistoceno Medio, Superior y Holoceno, lo cual ha permitido establecer correlaciones de tiempo y estratigrafía con otras islas del Caribe como Aruba, Curazao, Bonaire, Barbados, Jamaica, Cuba, República Dominicana, etc.

105 Las islas se pueden agrupar, a grandes rasgos, en oceánicas o no pertenecientes a la plataforma continental, e islas situadas directamente sobre la plataforma continental. Todas las islas se encuentran circunscritas, geológicamente, al margen continental, salvo la más septentrional, isla de Aves, la cual se encuentra en la prominencia de Aves, considerada un antiguo arco volcánico.

106 El margen continental de Venezuela presenta una cadena de islas con orientación oeste-este formada por Los Monjes, Aruba, Curazao, Bonaire, Archipiélago Las Aves (Aves de Barlovento y Aves de Sotavento), archipiélago Los Roques, isla La Orchila, La Blanquilla y los islotes o archipiélagos de Los Hermanos y Los Testigos. Aruba, Curazao y Bonaire no pertenecen a Venezuela pero forman parte de la evolución geológica de las islas oceánicas del margen continental. Por lo tanto, las islas pertenecientes a Venezuela son las restantes, de las cuales Los Testigos no forman exactamente parte de la cadena de islas ya que se encuentran situadas en la plataforma de Margarita y Tobago. Otras islas que no pertenecen a la cadena de islas, pero que igualmente están en el margen septentrional de Venezuela y directamente sobre la plataforma continental, son: Los Monjes, La Tortuga, isla de Margarita, Coche, Cubagua y Los Frailes. Hay algunas islas menores situadas muy cerca de la línea de costa, las cuales son realmente afloramientos insulares de la cordillera de la Costa oriental: isla Píritu Afuera, isla Píritu Adentro, islas Borrachas, isla Monos e islas Chimanas (costas del estado Anzoátegui). En las costas del estado Sucre adyacentes a la bahía de Mochima y el golfo de Santa Fe se encuentran: islas Caracas, isla Picuda Grande e islas Arapa. Todas las islas presentan un clima semiárido y solamente la isla de Margarita posee cursos de agua dulce en forma de quebradas o pequeños riachuelos. Todas las islas están sujetas a la dirección de las corrientes marinas del Caribe, con dirección referencial **E-O**, por lo cual las islas coralinas

poseen los arrecifes de barrera más importantes alineados de sur a norte, esto es, perpendicular al sistema de corrientes. Dependiendo de las características morfológicas en las cuales se encuentran las islas se pueden dividir de la forma siguiente:

1. Plataforma del golfo de Venezuela: *a)* Los Monjes;
b) Aruba (en el margen de la plataforma).

2. Cadena de islas: *a)* Aruba, Curazao y Bonaire (no pertenecientes a Venezuela); archipiélago Las Aves (Barlovento y Sotavento), archipiélago Los Roques, La Orchila.

3. Cadena de islas, pero pertenecientes al extremo sur de la prominencia de Aves: *a)* isla La Blanquilla; *b)* islotes de Los Hermanos.

4. Plataforma de Unare: *a)* isla de La Tortuga.

5. Plataforma de Margarita-Tobago: *a)* Isla de Margarita, Coche y Cubagua; *b)* Los Frailes; *c)* Los Testigos (Plataforma interna de Los Testigos).

6. Prominencia de Aves: *a)* Isla de Aves.

107 División de las islas en cuanto a desarrollos coralinos:

1. Archipiélagos e islas con grandes desarrollos coralinos: *a)* archipiélago de Las Aves (semiatolones); *b)* archipiélago Los Roques (semiatolón); *c)* isla La Orchila (arrecifes frangeantes); *d)* isla La Blanquilla (arrecifes frangeantes); *e)* isla La Tortuga (arrecifes frangeantes); *f)* isla de Aves (arrecifes frangeantes).

2. Archipiélagos e islas con pocos desarrollos coralinos recientes: *a)* islas Los Hermanos; *b)* isla de Cubagua.

3. Archipiélagos e islas con muy pocos o sin desarrollos coralinos recientes: *a)* isla de Margarita; *b)* isla de Coche; *c)* islas Los Testigos; *d)* islas Los Frailes.

4. Islas no pertenecientes a Venezuela situadas en el margen continental: *a)* Aruba, Curazao y Bonaire (arrecifes frangeantes).

Cadena de islas

108 En las islas del Gran Roque (archipiélago Los Roques, La Orchila, La Blanquilla, Los Hermanos y Los Testigos) aflora un complejo de rocas ígneo metamórficas. Las rocas metamórficas tienen un grado relativamente bajo de metamorfismo de contacto (zona de la clorita) en un ámbito regional. Algunas de las rocas metamórficas poseen un metamorfismo de grado intermedio (parte superior de la facies de esquistos verdes) similar al metamorfismo de las rocas de las montañas de Caribe del norte de Venezuela (Schubert y Moticska, 1971). Las rocas metamórficas fueron posteriormente intrusionadas por rocas ígneas, algunas de las cuales fueron, a su vez, metamorfizadas.

109 Estas rocas metamórficas e ígneas forman el basamento de estas islas y archipiélagos sobre los cuales se formaron desarrollos coralinos y depósitos de sedimentos calcáreos. De esta forma, se originaron semiatolones, arrecifes de barrera y frangeantes, terrazas calcáreas y, en general, islas coralinas como los archipiélagos de Las Aves, Los Roques, e islas de La Orchila y La Blanquilla.

110 En el archipiélago de Las Aves (Aves de Barlovento y Aves de Sotavento), el complejo ígneo-metamórfico no aflora. En Los Hermanos, situados en la misma plataforma calcárea en la que se encuentra La Blanquilla, sólo se hallan pequeños arrecifes frangean-

tes bordeando algunas de las islas. En Los Testigos, situados en la plataforma de Los Testigos, la cual, a su vez, pertenece a la plataforma de Margarita, prácticamente no hay desarrollos coralinos de importancia.

111 Las edades geológicas de las rocas ígneas y metamórficas que forman el basamento de estas islas son del Cretácico Temprano y Tardío con edades de 130 millones de años para las rocas más antiguas y 65 millones de años que indican el límite del Cretácico con el Terciario. Edades entre 44 y 47 millones de años se encuentran en Los Testigos, indicando un origen posterior.

112 La edad de los primeros desarrollos de carbonatos y arrecifes coralinos no se conoce con exactitud pero se estima que se han podido iniciar durante el Mioceno.

Archipiélago Los Roques

113 Este archipiélago se encuentra a 140 km al norte de La Guaira, 35 km al este de Aves de Barlovento y 50 km al oeste de la isla La Orchila. El archipiélago Los Roques forma un complejo de carbonatos (sedimentos y biota) que se extiende sobre más de 1.500 km^2, donde predomina la sedimentación de carbonatos derivada del complejo arrecifal. Cuando se evalúa el desarrollo de un sistema de carbonatos no se puede considerar solamente las áreas emergidas como los cayos, ya que es en las áreas por debajo del nivel de las aguas donde florece y existe la mayor actividad de la biota coralina. La superficie circundada por las barreras y cayos es de aproximadamente 850 km^2. El archipiélago se extiende de este a oeste por más de 37 km y de sur a norte por 27 km. Posee más de 30 cayos principales (Gran Roque, Francisquí, Cayo Pirata, Cayo Nordeste, Isla Larga, Dos Mosquises, Cayo de Agua, Crasquí, etc.) y numerosos cayos

FIG.28 Parque Nacional, archipiélago Los Roques, Dependencias Federales.
Fotografía Henry González

menores. Algunos cayos se han desarrollado por el avance y desarrollo del manglar que atrapa y retiene el sedimento, mientras otros se han formado por el crecimiento de arrecifes frangeantes.

114 Los Roques es un semiatolón o atolón con grandes barreras arrecifales en el borde oriental y el meridional, las cuales permiten la formación de importantes lagunas internas de aguas muy someras y de numerosos cayos. Los Roques poseen más de 40 cayos principales, muchos de los cuales poseen importantes arrecifes frangeantes, principalmente por las zonas de barlovento, mientras que las áreas de sotavento han desarrollado amplias playas de arenas blancas derivadas de los fragmentos y esqueletos calcáreos. Otros cayos se han ido formando por el crecimiento masivo de las colonias de manglares (FIG. 28).

FIG. 29 Octocoral. Parque Nacional, archipiélago Los Roques, Dependencias Federales.
Fotografía Humberto Viloria

FIG. 31 *Acropora Palmata*. Parque Nacional, archipiélago Los Roques, Dependencias Federales.
Fotografía Humberto Viloria

FIG. 30 Crinoideos. Parque Nacional, archipiélago Los Roques, Dependencias Federales.
Fotografía Humberto Viloria

FIG. 32 *Acropora Palmata*. Parque Nacional, archipiélago Los Roques, Dependencias Federales.
Fotografía Humberto Viloria

115 El archipiélago Los Roques, así como los demás archipiélagos e islas del margen continental, están en gran medida controlados por el sistema de corrientes en dirección este-oeste, las cuales configuran las características morfológicas, principalmente de las barreras arrecifales.

116 Los Roques posee una gran diversidad de especies coralinas (corales, algas, foraminíferos, bivalvos, gasterópodos, briozoarios, etc.), las cuales generan el sedimento calcáreo que permite la sustentación y equilibrio del ambiente sedimentario (FIGS. 29–32).

117 Las rocas ígneas y metamórficas que forman el basamento del archipiélago coralino solamente afloran en la isla El Gran Roque, donde se encuentra la altura mayor de 120 m (aproximadamente) en el cerro El Cabezón. El archipiélago Los Roques constituye uno de los mejores ejemplos de ambientes sedimentarios en carbonatos en toda el área del Caribe.

Archipiélago Las Aves

118 El archipiélago de Las Aves está conformado por dos archipiélagos con forma de semiatolones, los cuales se denominan Aves de Barlovento, situado al oeste de Los Roques y Aves de Sotavento el este de Bonaire. Aves de Barlovento se encuentra entre 11° 56' 40" N - 12° 01' 25" N y 67° 24' 00" O y 67° 28' 40" O. Aves de Sotavento se encuentra entre 11° 58' 40" N - 12° 04' 35" N y 67° 41' 31' - 67° 37' 20". Ambos archipiélagos se encuentran a unos 160 km en dirección norte de las costas de los estados Aragua y Carabobo.

FIG. 33 Variedad de corales. Las Aves, Dependencias Federales.
Fotografía Humberto Viloria

119 Estos dos archipiélagos, más pequeños en conjunto que Los Roques, poseen características muy similares a éste. Poseen grandes barreras arrecifales por el este y el sur, las cuales permiten la formación de importantes sistemas de lagunas en las zonas centrales e internas. El archipiélago Las Aves no presenta ningún afloramiento de rocas ígneas o metamórficas, pero indudablemente su basamento está conformado por este tipo de rocas. Ambos archipiélagos se extienden por más de 10 km de sur a norte. Poseen la mayor variedad de especies coralinas, principalmente de corales hermatípicos o formadores de colonias. En forma similar a Los Roques, estos archipiélagos están sujetos a una lenta subsidencia o hundimiento, el cual es compensado por el desarrollo de nueva biota coralina (FIG. 33).

120 Las aguas marinas en las cuales se han formado estos archipiélagos son probablemente de la mayor transparencia en todo el área del Caribe, entre otras razones, por la exigua o casi inexistente visita de turistas o pescadores.

Isla La Orchila

121 La Orchila está situada aproximadamente a 50 km al este del archipiélago Los Roques y 160 km al noreste de La Guaira. Sus coordenadas geográficas son: 11° 47'-49' N y 66° 6'- 13' O. Consiste en una isla grande de forma triangular, con un diámetro máximo de 9 km y con una superficie de aproximadamente 19,8 km². En el extremo nororiental se encuentran varias islas pequeñas de origen netamente arrecifal: Cayo Agua, Cayo Sal, Storn Key y Cayo Nordeste, el cual se deriva de la prolongación de los arrecifes frangeantes orientales desde la isla principal. La isla mayor consiste de tres macizos montañosos, denominados, por su ubicación, macizo occidental, central y oriental, formados por rocas ígneas y metamórficas. El punto más alto de la isla se encuentra en el cerro Walker a 152 m.

122 Las partes llanas de la isla que conforman más del 80% de la superficie de ésta, se han originado por los sedimentos de los organismos calcáreos. Bordeando la isla se encuentran importantes arrecifes frangeantes con una alta tasa de diversidad de biota coralina y todo el entorno alrededor de la isla está formado por sedimentos calcáreos.

La Blanquilla

123 La Blanquilla está situada sobre una plataforma submarina en el extremo meridional de la prominencia de Aves. Se encuentra aproximadamente a 100 km al noroeste de la isla de Margarita y a 160 km al este de La Orchila. Sus coordenadas geográficas son aproximadamente: 11° 50' de latitud norte y 64° 35' de longitud oeste. Tiene una forma de cuadrante de un círculo (90°), con un diámetro de 10 km, una superficie aproximada de 52,5 km², y una altura máxima que llega a más de 30 m. La isla está conformada por los diversos afloramientos de rocas ígneas graníticas del tipo granodiorita y algo de gravas y arenas derivadas de esta roca. Los sedimentos calcáreos litificados representan la mayor parte de la isla y forman tres amplias terrazas calcáreas con restos visibles de corales. Estas terrazas calcáreas se encuentran entre 7 y 10 metros (terraza 1), 11 a 15 m (terraza 2) y entre 25 a 30 m (terraza 3). Las terrazas se formaron por diferentes niveles del mar durante el Pleistoceno y se encuentran levantadas ya que la isla está sujeta a un levantamiento tectónico. La isla está circundada por arrecifes frangeantes constituidos básicamente por corales hermatípicos y una gran abundancia de algas rojas incrustantes. Las costas orientales y septentrionales de la isla presentan una morfología cárstica y la erosión marina derivada del oleaje ha desarrollado pequeñas cuevas y el desplome de grandes bloques de caliza pertenecientes a la terraza inferior. En la zona meridional se encuentran las mejores playas de arenas blancas calcáreas y algunas zonas de ambientes hipersalinos (FIG. 34).

Los Hermanos

124 El archipiélago Los Hermanos consiste de siete pequeñas islas (Morro Grueso, Los Morochos, La Orquilla, isla del Pico, El Fondeadero y cayo Chiquito) alineadas en dirección norte-sur, que se encuentran aproximadamente a 10 km al sureste de La Blanquilla. Las islas emergen del mismo basamento de rocas ígneas y metamórficas sobre la cual está La Blanquilla, por lo tanto se originan en la prominencia de Aves. Sus

coordenadas geográficas son: 11° 47'- 11° 49' N y 66° 6' 00' O - 66° 13' 30" O. Las islas se encuentran sobre la misma plataforma de La Blanquilla y son morros de rocas ígneas y metamórficas que sobresalen a la superficie del mar, con flancos muy empinados y prácticamente sin playas. La altura máxima es alcanzada por la isla del Pico con aproximadamente 200 m de altura. Poseen pequeños arrecifes frangeantes en algunas de las islas constituidos por colonias de corales de crecimientos aislados entre sí. Sin embargo, la plataforma superior sobre la cual se elevan éstas, es eminentemente calcárea con sedimentos provenientes de algas coralinas rojas, moluscos, foraminíferos, etc.

Los Testigos

125 El archipiélago Los Testigos consiste de siete islas principales (Testigo Grande, Testigo Pequeño, isla Conejo, isla Iguana, isla Cabra, isla Nordeste y Morro Blanco), además de numerosos islotes, de los cuales el mayor, Testigo Grande, tiene una longitud de 4 km, un ancho máximo de 2,5 km y su elevación llega a más de 200 m. El archipiélago se encuentra localizado aproximadamente a 11° 20' de latitud norte y 63° 02' a 63° 08' de longitud oeste. Se encuentran a una distancia de 68 km de Río Caribe (península de Araya) y a 80 km al noreste del archipiélago Los Frailes. Las rocas ígneas-metamórficas se elevan sobre la plataforma de Los Testigos, la cual forma parte de la plataforma mayor denominada de Margarita-Tobago. La roca más abundante es la metandesita que aflora como roca masiva o en forma de diques. Los sedimentos alrededor de las islas están compuestos principalmente por fragmentos de bivalvos, gasterópodos y foraminíferos. Cerca de las islas hay fragmentos de corales y algas coralinas, así como colonias aisladas de *Acropora palmata*. Los sedimentos terrígenos son muy escasos, menos del 2% del total, situados en el sotavento de las islas y con el cuarzo como mineral predominante. La textura de estos sedimentos es predominantemente de arenas finas. A pesar de ser islotes muy pequeños, se encuentra una población de pescadores permanentes en la isla La Iguana y en número muy reducido, en la costa oeste de Testigo Grande.

La Tortuga

126 La isla de La Tortuga es la segunda más grande que posee Venezuela, después de la isla de Margarita. Se encuentra situada entre las coordenadas 10° 55' de latitud norte y 65° 20' de longitud oeste, a 170 km al noreste de La Guaira, 72 km al noreste de cabo Codera, 90 km al oeste de la isla de Margarita y 85 km al norte de la laguna de Unare. Se encuentra sobre el banco de La Tortuga situado en la plataforma de Unare y al norte de la fosa de Cariaco. La isla tiene 25 km de largo y 10 de ancho, aproximadamente 150 km^2 de superficie y una elevación máxima de 45 m. Básicamente toda la superficie de la isla está compuesta por sedimentos de carbonatos del Pleistoceno y Holoceno, compuestos principalmente de fragmentos de corales, algas calcáreas y moluscos.

127 En la isla se encuentran tres terrazas calcáreas levantadas, derivadas de niveles altos (transgresivos) del Pleistoceno. En forma similar a La Blanquilla la posición de las terrazas corresponde al levantamiento tectónico general de la isla. La plataforma somera desde la cual se eleva la isla se encuentra situada al norte de la fosa de Cariaco.

FIG. 34 Isla La Blanquilla, Dependencias Federales.
Fotografía Henry González

FIG. 35 Isla La Tortuga, Dependencias Federales.
Fotografía Román Rangel

128 La isla presenta en su alrededor numerosos arrecifes frangeantes y algunos cayos pequeños situados al norte y noreste de la isla denominados Las Tortuguillas, Los Palanquines y Cayo Herradura.

Isla de Aves

129 Isla de Aves se encuentra situada en pleno mar Caribe sobre la plataforma de Aves, ubicada en la prominencia de Aves, la cual es una elevación o cordillera submarina que representa un antiguo arco volcánico de la placa del Caribe. Isla de Aves es la más septentrional de nuestras islas y sus coordenadas geográficas corresponden a 15° 40' de

latitud norte, 63° 37' de longitud oeste. La isla posee unos 580 m en dirección norte-sur y 150 m en su parte más ancha en dirección este-oeste (FIG. 37). Formada enteramente por sedimentos calcáreos, tanto litificados como sueltos, representa la única porción emergida de la prominencia de Aves. La plataforma de Aves sobre la cual se encuentra la isla está formada por sedimentos calcáreos superficiales derivados de fragmentos de moluscos y foraminíferos principalmente, así como de corales en las zonas cercanas a la isla. Por debajo de estos sedimentos se encuentran las rocas calcáreas originadas, muy probablemente, desde el Mioceno, las cuales están sobre un basamento de origen volcánico del cual está constituida toda la prominencia de Aves. La porción emergida de la isla está compuesta por arenas calcáreas no litificadas acarreadas por las corrientes marinas y por el viento. Estas arenas se sustentan sobre una base calcárea cementada derivada de antiguos arrecifes del Pleistoceno, y los modernos, formados durante la transgresión del Holoceno. La isla esta bordeada por el este, por el norte y parcialmente por el sur, por arrecifes frangeantes desarrollados durante la transgresión marina del Holoceno y que son los que mantienen el equilibrio dinámico de la isla.

130 A pesar de todas las controversias sobre la variación en el tamaño de la isla en los últimos siglos, lo cierto es que existe un equilibrio, muy frágil, como en todas las islas coralinas, entre la lenta subsidencia y la formación de nueva masa coralina y aporte de sedimentos desde la plataforma circundante.

Los Monjes

131 Su posición geográfica se encuentra entre 12° 22' 00" N - 12° 21' 20" N y 70° 55' 30" O - 70° 53' 40" O. Se encuentran a 35 km del cabo Chivacoa en la península de la Goajira y 80 km al oeste de punta Macolla en la península de Paraguaná. Es un grupo de nueve islas situadas en el extremo noroccidental del golfo de Venezuela. Están agrupadas como los Monjes del Norte (6 islas), Monjes del Sur (2 islas) y Monjes del Este (1 isla). Los Monjes del Sur son por su tamaño y accesibilidad las más importantes. Por su ubicación frente a la Goajira colombiana, el límite de aguas territoriales en el sector pasa al oeste de las islas (este de la Goajira). Los Monjes emergen de profundidades entre 50 y 90 m. Correspondiendo las menores a los Monjes del Sur y las mayores a los Monjes del Norte, que están más cerca del borde la plataforma.

132 Las islas del archipiélago están constituidas por ortoanfibolitas de origen plutónico y volcánico, de color negro y negro verdoso, de grano afanítico (fino) a fanerítico (grueso), producto del metamorfismo de rocas máficas (Bellizzia *et al.*, 1973).

Isla de Margarita

133 Margarita es la isla de mayor extensión de Venezuela y se encuentra situada entre los meridianos 64° 24' 28" (punta Arenas en la península de Macanao) y 63° 46' 40" (punta Ballena en el extremo oriental de Margarita) y los paralelos 10° 51' 46" N (punta Mangle) y 10° 10' 49" N (cabo Negro). Se encuentra en la plataforma continental, específicamente en la plataforma de Margarita, y está separada de la costa de la península de Araya por una distancia de 23 km, desde punta Mosquito (Margarita) hasta el morro de Chacopata (península de Araya) y donde las profundidades máximas son del orden

de 32 m y el promedio de 20 m. Su extensión superficial es de 934 km² y su característica morfológica más distintiva es la presencia de dos grandes macizos aislados: la península de Macanao al oeste y Margarita al este. Ambas zonas se encuentran unidas por un istmo de bajo relieve, al sur del cual se encuentra la albufera de La Restinga con grandes desarrollos de manglares. En el istmo, además de las zonas de salinas y manglares al sur, es notable la presencia de una berma de arena que lo limita hacia el norte y se extiende desde el caserío El Saco, al oeste, hasta la población de La Guardia al este. En la península oriental (Margarita) se encuentra una pequeña cordillera conocida como Las Tetas de María Guevara, formada por rocas ígneas (rocas ultramáficas, máficas y granitos) y metasedimentarias (mármoles), formando tres alineamientos montañosos. La mayor altura se encuentra en Cerro Grande o Cerro San Juan con 910 m. Tres ríos nacen en la culminación de Cerro Grande-El Copey: el río del Espíritu Santo, el río de la Asunción y el río San Juan, todos circundados por quebradas que transportan agua solamente durante la época de lluvias. Hacia el norte y noreste, el piedemonte de las estribaciones montañosas sólo permite la formación de pequeñas playas y ensenadas. En la parte meridional, por el contrario, se extiende una extensa planicie con playas extensas y albuferas locales como Las Marites.

FIG. 36 Playa El Agua, Isla de Margarita, estado Nueva Esparta.
Fotografía Román Rangel

134 La península de Macanao presenta un solo alineamiento metamórfico central, de rumbo este-oeste con cuatro picos cuya altitud máxima es la del pico Macanao de 760 m. En este macizo nace el único río que se encuentra en la península, el río San Francisco, el cual pasa por la población de San Francisco y desemboca en el norte de la península. En ambas penínsulas se encuentran terrazas sedimentarias de clásticos y carbonatos levantadas cercanas a la costa.

135 Las poblaciones más importantes de Margarita son: La Asunción (capital del estado Nueva Esparta), Porlamar (la ciudad de mayor población y excelente zona de turismo), Pampatar, Juan Griego, Punta Piedras, etc., todas situadas en la península oriental. En la península de Macanao las poblaciones son pocas y muy pequeñas, destacando Boca del Río, San Francisco, Boca de Pozo (Macanao) y Robledal.

FIG.37 Valle Pedro González, Isla de Margarita, estado Nueva Esparta.
Fotografía Román Rangel

FIG.38 La Restinga, Isla de Margarita, estado Nueva Esparta.
Fotografía Román Rangel

136 La isla de Margarita es uno de los atractivos turísticos más importantes de Venezuela, por sus playas excelentes y variadas tanto en el norte como en el sur de la península oriental. Posee una excelente red hotelera y comercial, principalmente en la ciudad de Porlamar.

Islas de Coche y Cubagua

137 Las islas de Coche y Cubagua forman, con la isla de Margarita, el estado Nueva Esparta. La isla de Coche, situada entre la isla de Margarita y la península de Araya, posee una superficie de 43 km² con 11 km de largo y 6 km de ancho. Sus coordenadas geográficas son: 10° 44' N- 10° 49' N y 63° 53' O- 64° 10'. La isla posee un ligero declive hacia el sur. La costa noroeste presenta un largo acantilado con una altura promedio de 20 m, formado principalmente por conglomerados con intercalaciones menores de arenas y arcillas. Estos conglomerados se formaron durante los descensos de nivel del mar en el Cuaternario y representan abanicos aluviales derivados de la cordillera Oriental. Únicamente en el extremo sureste afloran rocas metamórficas. El terreno de la isla presenta pequeñas lomas redondeadas con elevaciones cercanas a los 50 m, cubiertas por fragmentos sueltos derivados de conglomerados y separadas entre sí por quebradas en las cuales la vegetación es más abundante.

138 La isla de Cubagua, situada al oeste de la isla de Coche, se encuentra también entre Margarita y la península de Araya. Posee una superficie de 23 km² y su situación geográfica es: 10° 50' N y 64° 12' O. La isla de Cubagua es similar a una meseta de suave inclinación hacia el sur cuya altura no excede los 50 m. Su accidente fisiográfico más notable es el cañón de las Calderas, situado al norte de la isla donde aparecen areniscas y arcillas de la parte superior del Terciario. En la parte noroeste de la isla se encuentra una planicie costera del Cuaternario. Cubagua es conocida en la historia por el desarrollo del primer asentamiento de los conquistadores en el territorio venezolano, Nueva Cádiz, para la extracción de las perlas en las playas noroccidentales.

PROFUNDIDADES MARINAS

139 Las profundidades en las costas venezolanas están principalmente condicionadas al tipo de plataforma continental. En las zonas donde la plataforma continental es angosta las profundidades aumentan rápidamente y en las costas con plataformas continentales extensas la profundidad se mantiene relativamente somera hasta áreas marinas alejadas de la costa. Las plataformas más extensas se encuentran en el golfo de Venezuela y en el oriente del país.

140 En el golfo de Venezuela la plataforma se extiende hasta la zona meridional de la isla de Aruba, la cual se encuentra aproximadamente a 17 km de la península de Paraguaná y desde las costas de Falcón y Zulia la plataforma se extiende por más de 180 km. Las profundidades promedio en la bahía de Calabozo (parte meridional del golfo de Venezuela) son de 20 m. En las costas de Falcón occidental y el estado Zulia, a varios km de la costa, las profundidades no superan los 10 m. Entre la península de La Goajira y la península de Paraguaná, las profundidades promedio son del orden de 45 m. Las costas de La Goajira (principalmente en la zona meridional) son de profundidades muy

someras hasta varios km de distancia, mientras que en las costas de Paraguaná occidental la profundidad rápidamente alcanza los 20 m.

141 Las costas del norte de Falcón en las áreas adyacentes al istmo de Los Médanos las profundidades son muy someras y la plataforma se extiende por más de 30 km. La profundidad promedio a 10 km de las costas no supera los 20 m. En Falcón oriental la plataforma se hace más angosta con 10 km de ancho. Las profundidades aun cuando son muy someras en la costa aumentan rápidamente a un promedio de 25 m a 5 km de la línea costera. En la desembocadura de los ríos Aroa y Tocuyo, así como en las costas de Morón, la plataforma aumenta hasta 40 km de ancho. Las profundidades que son muy bajas en la línea de costa aumentan rápidamente hasta los 20 y 30 m a 5 km de la costa. Las costas centrales del país dominadas morfológicamente por la cordillera de la Costa, la plataforma continental es extremadamente angosta y en algunos sectores como las costas del estado Aragua, la isóbata de 200 m se encuentra situada en la propia línea de costa. Este sector es conocido como la depresión de Turiamo en la cual se encuentra el cañón submarino del río Mamo. A 5 km de la costa las profundidades alcanzan los 600 m y a 20 km sobrepasan los 1.000 m. Este cañón submarino llega a la fosa de Bonaire, situada al sur de Bonaire, archipiélago Las Aves y Los Roques, con profundidades promedio de 2.000 m.

142 En el sector del litoral central correspondiente al estado Vargas, la plataforma continental es ligeramente más ancha que en el sector anterior. Las costas siguen condicionadas en su morfología y profundidad por la cordillera de la Costa. Son costas profundas y el límite de la plataforma (200 m) se encuentra aproximadamente a 7 km.

143 En la costa cercana a cabo Codera la plataforma continental aumenta ampliamente y se puede considerar como el inicio de la plataforma de Unare. Las costas, siempre formadas por acantilados, como todo el tramo central, son menos profundas y a 22 km de la costa emergen unos morros de rocas ígneas y metamórficas pertenecientes a la cordillera denominados Farallón Centinela.

144 Las costas de los estados Miranda y Anzoátegui se encuentran sobre la plataforma de Unare, la cual se prolonga en promedio por más de 100 km. En la línea de costa las profundidades son muy someras y, a varios km mar adentro, no exceden los 10 m. En esta plataforma se encuentra la fosa de Cariaco, originada estructuralmente por un graben (sistema de fallas normal con una depresión central), con profundidades máximas de 1.373 m. Al norte de la fosa la plataforma tiene profundidades promedio de 60 m y se encuentra la isla La Tortuga, con profundidades promedio, bordeando las costas de la isla, de 5 a 10 m.

145 En las costas orientales la plataforma de Margarita se prolonga por más de 100 km con profundidades promedio entre 35 y 50, y en la cual se encuentran las islas de Margarita, Coche, Cubagua, Los Frailes y Los Testigos. En las penínsulas de Araya y Paria, la profundidad en la línea de costa aumenta rápidamente hasta los 15 y 20 m, a partir de las cuales, la pendiente del fondo marino aumenta muy levemente hasta alcanzar las profundidades promedio de la plataforma. En la isla de Margarita las profundidades son

menores en las costas de la península oriental o de Margarita, mientras que son más profundas en torno a la península de Macanao.

146 En las costas Atlánticas (golfo de Paria y delta del Orinoco) las costas son muy someras y corresponden a una plataforma continental muy amplia y de pendiente suave. El golfo de Paria se está rellenando por los sedimentos deltaicos y sus costas avanzan rápidamente. Las profundidades a 10 km de las costas no exceden los 4 m y el promedio para todo el golfo es 15. Las mayores profundidades se encuentran en el centro del golfo donde se encuentra una ligera depresión con promedio de 22 m. En las costas meridionales de la península de Paria (correspondiente al golfo de Paria), las profundidades son ligeramente mayores que en las otras zonas del golfo. En bocas del Dragón (separación entre el extremo oriental de la península de Paria y la isla de Trinidad) la profundidad puede alcanzar localmente los 100 m, ya que esta zona representa un cañón submarino de origen fluvial formado durante los descensos del nivel del mar en el Pleistoceno.

147 Las costas del delta de Orinoco son muy someras como corresponde a una zona de relleno sedimentario e intensa progradación. A 10 km de la línea de costa deltaica las profundidades son en promedio de 5 m. Sin embargo, en la desembocadura de Boca Grande (descarga principal de sedimentos del río Orinoco), a 40 km de la costa la profundidad promedio apenas alcanza los 10 m, lo cual obliga a un dragado periódico por la ruta de los buques. La plataforma continental en esta zona tiene un promedio de 140 a 160 km de ancho. A 100 km de las costas la profundidad promedio es de 80 a 100 m.

PROSPECTIVA

148 Venezuela como país marítimo tiene una posición geográfica excelente. Sus costas caribeñas tienen la mayor extensión con respecto a los demás países del área del Caribe. Las costas, cadena de islas situadas en el margen continental y, de manera especial, isla de Aves, proveen a Venezuela de más de 500.000 km^2 de soberanía y jurisdicción en el mar Caribe. Posee además costas en el océano Atlántico que se conectan directamente con el mar Caribe. La mayor parte de la población del país se encuentra en ciudades y asentamientos de la costa o muy cercana a ella. Las costas, plataforma y margen continental del Caribe venezolano presentan una gran variación: costas de acantilados, costas llanas, bahías y ensenadas, arrecifes costeros, islas cercanas a las costas e islas oceánicas. Toda esta diversidad geográfica debe ser utilizada como potencial turístico, para lo cual es necesario desarrollar una extensa red de hospedaje, hoteles y la ampliación y modernización de las vías de comunicación, todo lo cual implicará una intensa actividad comercial que abarcará todos los sectores de la población venezolana. Archipiélagos coralinos como el de Los Roques poseen las mayores diversidades de especies coralinas en todo el Caribe e indudablemente constituyen un atractivo turístico, pero el equilibrio ecológico marino que lo sustenta tiene que ser constantemente analizado mediante programas de estudio biológicos, geológicos y oceanográficos.

149 La red hidrográfica que desemboca en las costas del Caribe es de cursos relativamente pequeños y de poco caudal de agua como ocurre en las costas del Litoral Central, por lo cual la construcción de plantas desalinizadoras es una perspectiva viable, como se ha

venido desarrollando en muchas islas caribeñas. En áreas específicas de los estados Sucre y Falcón donde la evaporación es muy alta y las precipitaciones de las lluvias son muy esporádicas, se pueden crear zonas de salinas para la obtención de halita o sal común, así como de otros minerales de evaporitas. Por otra parte, las extensas plataformas continentales que posee Venezuela serán objeto en el futuro de avanzados estudios de geofísica y geología con el fin de determinar el potencial efectivo de reservas de hidrocarburos, ya parcialmente conocido en lo que se refiere a las acumulaciones de gas. Finalmente, Venezuela puede desarrollar aún más en sus costas y mares, la tecnología avanzada que permita una industria pesquera más eficiente y con el prudente equilibrio de los ecosistemas marinos. Las plataformas marinas en las zonas de Falcón y Margarita poseen una alta concentración de nutrientes derivados de corrientes surgentes, por lo cual son de las zonas más ricas en pesca del Caribe. Igualmente la riqueza pesquera de la zona de la plataforma deltana no es aprovechada en su totalidad puesto que la pesca en el área se concentra principalmente en los ambientes internos del delta y no en la plataforma marina. En la desembocadura de los caños deltaicos Cocuina y Mariusa, se encuentran grandes poblaciones de camarones, cuya extracción generalmente es más aprovechada por los pescadores de la isla de Trinidad.

GLOSARIO

Abanicos aluviales: transporte de sedimentos en forma de flujos torrenciales donde la gran viscosidad del flujo permite el transporte de sedimentos finos de arenas, limos y arcillas, hasta grandes bloques de cientos de toneladas de peso.

Acantilados: costas formadas por rocas en forma de farallones y acantilados siempre con grandes pendientes y de morfología abrupta. Estas costas pueden presentar o no playas muy angostas.

Arco de islas (Antillas Menores): islas de origen volcánico originadas por el choque de dos placas tectónicas oceánicas, una de las cuales subduce o se hunde por debajo de la otra. En el borde la placa oceánica superior se forma volcanismo y da origen a islas volcánicas como las que conforman el arco de las Antillas Menores en el Caribe.

Arrecife: biohermo rígido, resistente al oleaje. Formado por organismos sésiles como corales, algas coralinas, rudistas, estromatoporoideos, etc., los cuales protegen y retienen a otros organismos o fragmentos de estos de menor resistencia al oleaje fuerte. El arrecife en conjunto se puede dividir en arrecife externo, núcleo del arrecife, plano arrecifal y arrecife interno, todo lo cual se puede denominar como «complejo arrecifal».

Arrecife de barrera: arrecife paralelo a la costa y separado de ella por un sistema de lagunas que pueden incluir cayos, bancos de arena, arrecifes frangeantes, manchones arrecifales, etc. El arrecife de barrera más extenso es la Gran Barrera Arrecifal de Australia con más de 2.000 km de longitud.

Arrecife externo: la zona externa del arrecife en dirección al mar abierto. Formado por el talud o la pendiente del arrecife. El arrecife externo se puede dividir en arrecife externo proximal hasta los 200 m de profundidad y arrecife externo distal hasta los 300 m. También se pueden designar como talud proximal y distal.

Arrecife frangeante: arrecife contiguo a tierra firme o a una isla. Pueden tener desde algunos cientos de metros a varios kilómetros de longitud.

Arrecife frontal: frente del arrecife, el cual incluye la cresta arrecifal, el talud o escarpado del arrecife orgánico hasta los 45-50 m (límite de mayor desarrollo coralino), y el talud arenoso (de pendiente muy suave) y el inicio de la pared frontal que marca el límite con el talud proximal.

Arrecife interno: la zona interna del arrecife situada antes de los ambientes de laguna. La zona de interdigitación de sedimentos del arrecife y la laguna. El plano arrecifal, formado por fragmentos derivados del propio arrecife y organismos pequeños (corales, algas, equinoides) está situado entre el núcleo del arrecife y el arrecife interno. El plano arrecifal se puede incluir en el arrecife interno. Algunos autores incluyen el término «arrecife interno» para los ambientes de aguas someras detrás del arrecife.

Atolón: acumulación orgánica originada por arrecifes en forma de anillo en posición costa afuera rodeando una laguna de profundidad variable. Cuando los arrecifes no encierran completamente las zonas de lagunas internas se les puede denominar semiatolones.

Barlovento y sotavento: el barlovento es la porción de la isla, cayo, barrera o tierra firme influenciada directamente por los vientos y el oleaje, mientras que el sotavento es la zona protegida o no expuesta directamente.

Biohermo: crecimiento masivo de organismos «in situ» que forman un armazón orgánico muy duro y rígido. Formado principalmente por corales y algas coralinas.

Cadena de islas: islas que se encuentran en forma de cadena bordeando una plataforma o formando parte de un margen continental. Su alineación indica un origen tectónico común o de eventos geológicos que están relacionados, tal es el caso de la cadena o alineación que se observa en Aruba, Curazao, Bonaire, Las Aves, Los Roques, La Orchila y La Blanquilla.

Cambios del nivel del mar: fluctuaciones en el nivel del mar originados por procesos tectónicos, formación de glaciares, cambios pequeños en los movimientos de traslación de la Tierra e inclinación de ésta durante la rotación (ciclos de Milankovitch), etc. Los cambios del nivel del mar han originado y transformado constantemente las líneas de costa y plataformas continentales.

Cañones submarinos: depresiones submarinas en forma de valles situadas en la plataforma continental. Generalmente se han formado por el curso de ríos antiguos durante el descenso del nivel del mar.

Cayo: isla, islote, o banco que se encuentran en los complejos de carbonatos.

Complejo ígneo metamórfico: grupo de rocas ígneas y metamórficas que forman el basamento sobre el cual se han desarrollado y acumulado los carbonatos y arrecifes en Los Roques, Las Aves, La Orchila, La Blanquilla, etc.

Corrientes de surgencia: corrientes marinas profundas que cerca de la plataforma continental o línea de costa asciende a la superficie y son ricas en nutrientes.

Corrientes marinas: movimiento de las aguas del mar producido por diferencias de temperatura, salinidad, evaporación de la superficie de los mares y, principalmente, por los impulsos de los vientos estacionales y los constantes. Los vientos constantes como los alisios y monzones ponen directamente en movimiento el agua superficial de los mares y océanos.

Costa: zona divisoria entre la tierra firme y el mar compuesta por playas, acantilados, zonas de lagunas, islas de barrera, desembocadura de ríos, etc. La costa se puede definir como la línea de tierra que bordea el mar o el espacio en que el mar y la tierra entran en contacto y que abarca una parte de las aguas costeras y del borde continental.

Cretáceo, Terciario, Eoceno, Mioceno, Plioceno, Cuaternario, Pleistoceno, Holoceno: períodos y épocas de diversas edades durante la formación y evolución de la Tierra.

Delta: acumulación de sedimentos en la costa por la descarga de un río, corrientes marinas y mareas que avanzan en dirección del mar. Cuando el volumen de sedimentos es muy grande y no es distribuido eficazmente por las corrientes y mareas se acumula en la desembocadura de un río formando un delta.

Falla transcurrente: cuando dos grandes bloques de la corteza se deslizan y mueven horizontalmente uno con respecto al otro como ocurre en Venezuela en la falla de Boconó y en las costas del Litoral Central y Oriental de Venezuela.

Ftanita: sedimentos ricos en sílice derivado de radiolarios.

Holoceno: también se le puede denominar Reciente. Abarca junto con el Pleistoceno el denominado período Cuaternario. Comenzó hace 10.000 años y comprende el momento geológico actual.

Holoceno, transgresión: ascenso del nivel del mar el cual se inicia entre 10.000 a 12.000 años y marca el final de la glaciación del Wisconsin. Actualmente continuamos en un estado de transgresión ya que el nivel del mar continúa ascendiendo con tasas de 1 a 2 mm por año.

Lagunas costeras y albuferas: pequeñas lagunas formadas en la línea de costa de profundidades muy someras como las lagunas de Tacarigua, Píritu y Unare.

Manchones arrecifales: arrecifes aislados que se forman en las lagunas internas detrás de las barreras arrecifales.

Mareas: movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso de las aguas del mar y los grande lagos. El nivel del agua oscila entre el de la bajamar o marea baja (fin reflujo) y el de la pleamar o marea alta (fin de la creciente). Se producen por la acción perturbadora que en la gravedad terrestre ejercen el Sol y la Luna, especialmente esta última.

Margen continental: el área marina que incluye la línea de costa, el sistema de plataforma, las islas y todas las características morfológicas como depresiones o cuencas y prominencias o altos submarinos relacionados con el continente o situados transicionalmente entre éste y las áreas estrictamente oceánicas.

Metasedimentarias: rocas sedimentarias con metamorfismo parcial.

Nanoplancton: conjunto de organismos del plancton con un tamaño comprendido entre 2 y 40 micras. Son mayores que el ultraplancton pero menores que el microplancton, macroplancton y megaplancton. Todos en conjunto forman el plancton.

Organismos coralinos: término general que incluye a los organismos que predominan en los complejos de carbonatos y contribuyen a su formación como los corales, foraminíferos, algas calcáreas, moluscos, briozoarios, braquiópodos, etc. Generalmente están compuestos por esqueletos y caparazones calcáreos.

Ortoanfibolita: la anfibolita es una roca metamórfica y el prefijo «orto» indica que se origina de una roca ígnea por metamorfismo.

Paludal: ambientes sedimentarios de lagunas muy someras, marismas y zonas pantanosas, comunes en zonas de deltas y costas bajas.

Plataforma: la porción del margen de la cuenca que se extiende desde la línea de inmersión permanente hasta el punto en el cual hay un incremento notable en la pendiente hacia profundidades mayores.

Plataforma continental: la zona que bordea un continente y que se extiende desde la línea de inmersión permanente hasta la profundidad (generalmente de unas 100 brazas o 200 m) donde existe un cambio de pendiente y una inclinación notable hacia las grandes profundidades.

Plataforma litoral: la parte más somera de la plataforma y contigua a la línea de costa. Una playa formada por efecto de la erosión de las olas sobre tierra firme.

Playa: en la mayoría de los casos se trata de la ribera del mar; está formada por material sin consolidar, y su superficie es casi plana, con ligera pendiente. Se extiende hacia tierra firme desde la línea de agua hasta el lugar donde hay un cambio notable en materiales o características fisiográficas, o hasta la línea de vegetación permanente (usualmente el límite efectivo de las olas normales de tormenta). A menos que se exprese de otra manera, el límite de la playa hacia el mar es el nivel de bajamar. Una playa incluye la playa baja y la playa alta.

Playa baja: aquella parte de la playa que tiene por límites la cresta de la berma y la línea de bajamar, y la cual es ordinariamente recorrida por la inundación y regresión de las olas cuando las mareas suben y bajan.

Playa alta: la parte de la playa que queda sumergida solamente durante las mareas de tormenta.

Pleistoceno: epoca del período Cuaternario. Abarca más del 90% de este período, desde 1.610.000 años hasta 10.000 años atrás. Se divide en Pleistoceno Temprano, Medio y Tardío o en sus equivalentes de Pleistoceno Inferior, Medio y Superior.

Polaridad magnética: se refiere a la posición magnética de los polos. Polaridad normal indica la posición actual de los polos magnéticos. Polaridad inversa indica cuando hay una inversión en la posición de los polos magnéticos y el polo norte magnético se ubica en el sur y el polo sur magnético en el norte. Numerosas inversiones en los polos han ocurrido a través del tiempo geológico.

Procesos geológicos: todos los procesos de origen geológico en la Tierra que han originado las rocas, continentes, océanos, costas, así como las diversas formas y relieves de la superficie de los continentes y fondos oceánicos.

Progradacion: el avance de una costa en dirección del mar por la acumulación de sedimentos o descenso del nivel del mar.

Subduccion: cuando dos placas tectónicas chocan y una se hunde o subduce por debajo de la otra hasta la zona del manto terrestre.

Tectónica convergente: zona donde dos placas tectónicas chocan y una se hunde por debajo de la otra y dan origen a cordillas como los Andes; o ambas se deslizan una con respecto a la otra; o ambas chocan y se levantan originan cordilleras como el Himalaya.

Ultramáficas, rocas: rocas ígneas compuestas por minerales máficos como olivino y piroxenos originadas en el manto terrestre.

Wisconsin, glaciación: última glaciación del Cuaternario la cual finalizó entre 10 a 12 mil años atrás. El nivel del mar descendió hasta 110-120 m por debajo del nivel actual. Canadá, el norte de los Estados Unidos y gran parte de Europa se encontraban cubiertas por grandes espesores de hielo y glaciares.

BIBLIOGRAFÍA

Bellizzia, A., C. Martín, N. H. Pérez y M. Graterol
--(1973). «Reconocimiento geológico del archipiélago Los Monjes». Informe interno del MEM, Caracas.

Condie, S. A.
--(1991). «Separation and recirculation of the North Brazil Current». *Journal of Marine Research*, 49(1), pp. 1-19.

Eisma, D., S. J. van der Gaast, J. M. Martin y A. J. Thomas
--(1978). «Suspended matter and bottom deposits of the Orinoco Delta: Turbidity, mineralogy and elementary composition». *Netherlands Journal of Sea Research*, 12(2), pp. 224-251.

Febres-Ortega, G. y L. E. Herrera
--(1976). «Caribbean sea circulation and water mass transports near the Lesser Antilles. *Boletín del Instituto Oceanográfico*, 15, pp. 83-96, UDO, Cumaná.

González de Juana, C., J.M. Iturralde de Arozena, y X. Picard Cadillat
--(1980). *Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas.* Tomo II. Foninves, Caracas.

Gordon, A.L.
--(1967). «Circulation of the Caribbean Sea». *Journal of Geophysical Research*, 72, pp. 6207-6223.

Hernández-Guerra, A. y T.M. Joice
--(2000). «Water masses and circulation in the surface layers of the Caribbean at 66 °W». *Geophysical Research Letters*, 27, pp. 3497-3500.

Herrera, L., G. Febres, y R. Ávila
--(1981). «Las mareas en aguas venezolanas y su amplificación en la región del delta del Orinoco». Intevep, Caracas.

Herrera, L.E. y P. Masciangioli
--(1984). «Características de las corrientes frente al delta del Orinoco, sector occidental del océano Atlántico». Intevep, Caracas.

Johns, W.E., D.M. Townsend, D.W. Fratantoni y W. D. Wilson
--(2002). «On the Atlantic inflow to the Caribbean Sea». *Deep-Sea Research, Part I: Oceanographic Research Papers* 49(2), pp. 211-243.

Kinder, T.H., G.W. Heburn, y A.W. Green
--(1985). «Some aspects of the Caribbean circulation». *Marine Geology*, 68, pp. 25-52, Amsterdam.

Meade, R.H., F.H. Weibezahn, W.M. Lewis y D. Pérez-Hernández
--(1990). «Suspended sediment budget for the Orinoco river. El río Orinoco como ecosistema. The Orinoco river as an ecosystem». Edelca. cavn. *Acta Científica Venezolana.* Universidad Simón Bolívar, 430 p., Caracas.

Méndez Baamonde, J.
--(1983). «Morfología submarina alrededor de isla de Aves». Asovac, Caracas.
--(1985). «Sedimentos periarrecifales en Los Roques, Las Aves y La Blanquilla». VI Congreso Geológico de Venezuela.

--(1997). «El Cuaternario». *Boletín de Geología*, 18(31), pp. 74-114. Dirección General de Servigeomin, Ministerio de Energía y Minas, Caracas.
--(2000). «Delta del Orinoco (Venezuela)». *Boletín de Geología*. Pub. Esp., N° 13, 126 p., Caracas.

Milliman, J.D. y R.H. Meade
--(1983). «World-wide delivery of river sediment to the oceans». *Journal of Geology*, (40)3, pp. 643-657.

Pérez Hernández, D. y J.L. López
--(1998). «Algunos aspectos relevantes de la hidrografía del río Orinoco». En J. L. López Sánchez, I. I. Saavedra Cuadra y M. Dubois Martínez (eds.). *El río Orinoco. Aprovechamiento sustentable*. Instituto de Mecánica de Fluidos. Facultad de Ingeniería. ucv, pp. 88-98, Caracas.

Roa-Morales, P.
--(1991). «Coastal morphology and sea level rise consequences in Venezuela». Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias: International Sea-Level Rise Studies Project, July 1991. 23 p., Caracas.
--(1990). «La trasgresión flamenca y la evolución de la laguna de Unare, Venezuela». *Bol. Inst. Oceanogr.*, N° 29, pp. 11-25, udo, Cumaná.

Santamaría, F. y C. Schubert
--(1974). «Geochemestry and Geocronology of the Southern Caribbean-Northern Venezuela Plate Boundary». *Geological Society of America Bulletin,* (85)7, pp. 1085-1098.

Schubert, C. y Moticska, P.
--(1971). «Reconocimiento geológico de las islas venezolanas en el mar Caribe entre Los Roques y Los Testigos». ivic-Ministerio de Minas e Hidrocarburos. *Informe interno*. 81 p.

Van Andel, T.H.
--(1967). «The Orinoco Delta». *Journal of Sedimentary Petrology*, (37)2, pp. 297-310.

Wilson, W.D. y W.E. Johns
--(1997). «Velocity, structure and transport on the Windward Islands passages». Deep-Sea Research, 44, pp. 487-520.

Wust, G.
--(1964). *Stratification and circulation in the Antillean-Caribbean basins.* Columbia University Press, 201 p., Nueva York.