Geología

Tema 12. Dinámica litoral

- Procesos litorales.
- Estos procesos corresponden al conjunto de interacciones dinámicas circunscritas al área de contacto entre las grandes masas de agua y las tierras emergidas que las bordean; estas áreas son las litorales.
- Esta confluencia entre tierra y agua implica una zona de interrelación mutua, el litoral, así como otras subzonas o dominios de interferencia condicionados por la acción directa o indirecta de las aguas.
- El medio litoral está asociado a cambios continuos, tanto a escala geológica como histórica y reciente, cuyo origen está en las oscilaciones de las aguas marinas o lacustres.
- El medio litoral es extraordinariamente complejo, sin embargo las acciones dinámicas que le afectan son bastante homogéneas.

La zona costera: una interfase dinámica

- La zona costera es una interfase dinámica (límite común) entre el aire, la tierra y el mar.
- La zona costera se modifica continuamente por las olas.
- En la actualidad la zona costera está experimentando una intensa actividad humana.

Delimitación y estructura del medio litoral

Aclaración de los términos utilizados para describir el límite entre la tierra y el mar

En el medio litoral aparecen una serie de dominios que están ligados a su dinámica y procesos específicos.

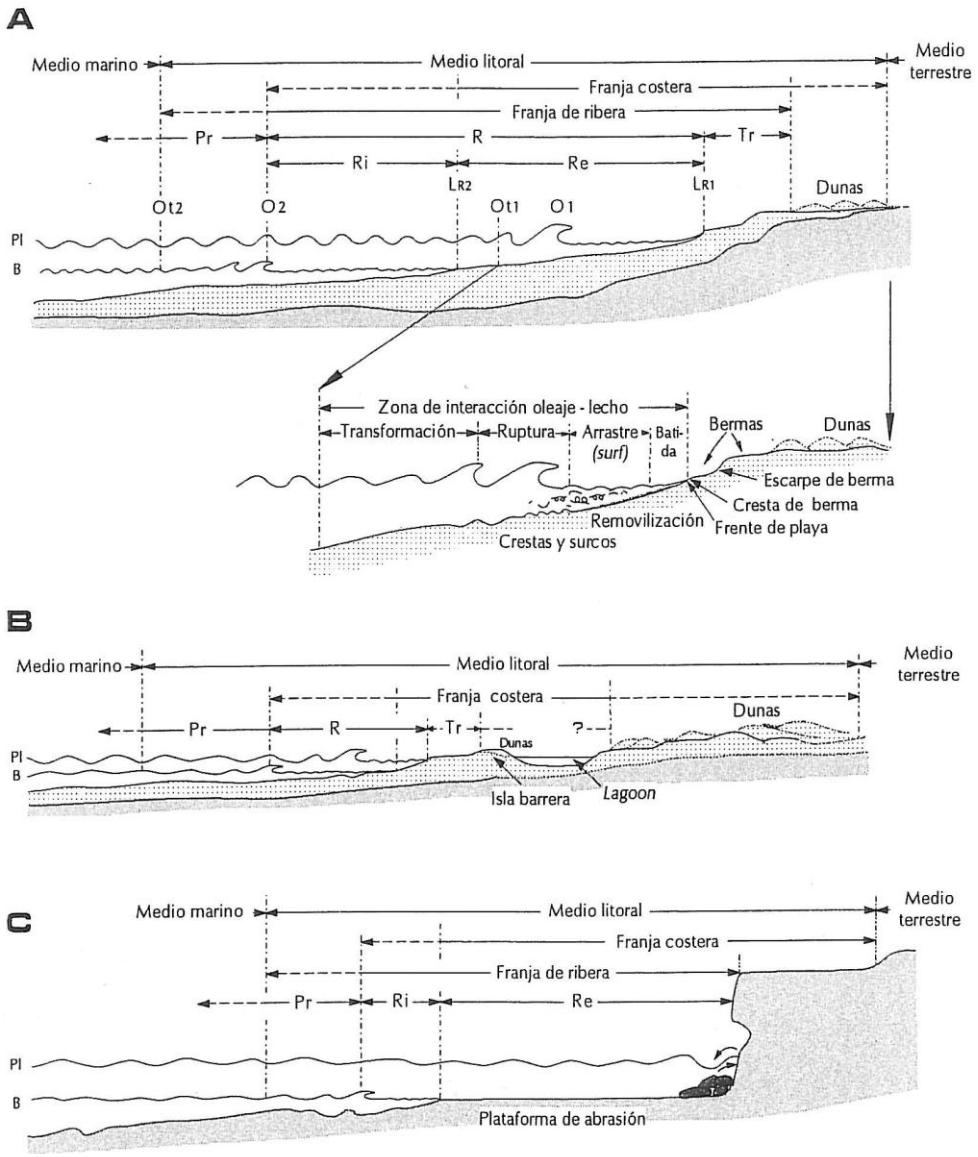


Fig. 11.1//pp. 276 Pedraza (1996)

Las playas

Playa – una acumulación de sedimento que se encuentra a lo largo del margen continental del océano o un lago.

- Las plataformas relativamente planas que suelen estar compuestas por arena y están marcadas por un cambio de pendiente en el límite del lado del mar se denominan bermas.
- El frente de playa es la superficie inclinada que se extiende desde la berma hasta la línea litoral.

Dinámica litoral

- Los materiales que la franja costera recibe, procedentes sobre todo del dominio terrestre y de los acantilados, sufren una continua reelaboración y desplazamiento a través de dicha franja.

- Las acciones dinámicas responsables de estas transformaciones son: el oleaje, las mareas y las corrientes litorales.

- Esta acciones afectan no sólo a los materiales aportados a la franja litoral, también a la propia línea de costa que está siendo modificada constantemente por la dinámica litoral.

- Las actuales líneas de costa son el resultado de procesos geológicos múltiples, fundamentalmente elevaciones y bajadas del nivel general del mar en respuesta a modificaciones climáticas o a cambios eustáticos, además de las nada despreciables actuaciones humanas en las mismas.

El oleaje.

- Las olas son ondulaciones estacionarias en el agua, que conllevan transporte de energía, originadas por una perturbación que frecuentemente es el viento, por lo que normalmente se propagan según la dirección del mismo.
- Cuando la onda estacionaria pasa a ser de traslación, se produce una transferencia energética desde la vertical a la horizontal, lo que causa fenómenos de cizalla entre el lecho y la base de la ola que provocan removilizaciones y transporte de material, tal y como se pone de manifiesto en el esquema:
- Cuando el oleaje alcanza aguas someras, las órbitas pasan a elípticas, además la relación H/L llega a ser tan grande que acaban transformándose en crestas de traslación y de arrastre por el fondo, de manera que el oleaje estacionario pasa a otro de desplazamiento con avance del agua hacia la línea de costa y posterior retorno.

Olas

- Las olas producidas por el viento proporcionan la mayor parte de la energía que conforma y modifica las líneas litorales.
- Características de las olas.
    - La energía y el movimiento de las olas derivan del viento.

Olas

Características de las olas.

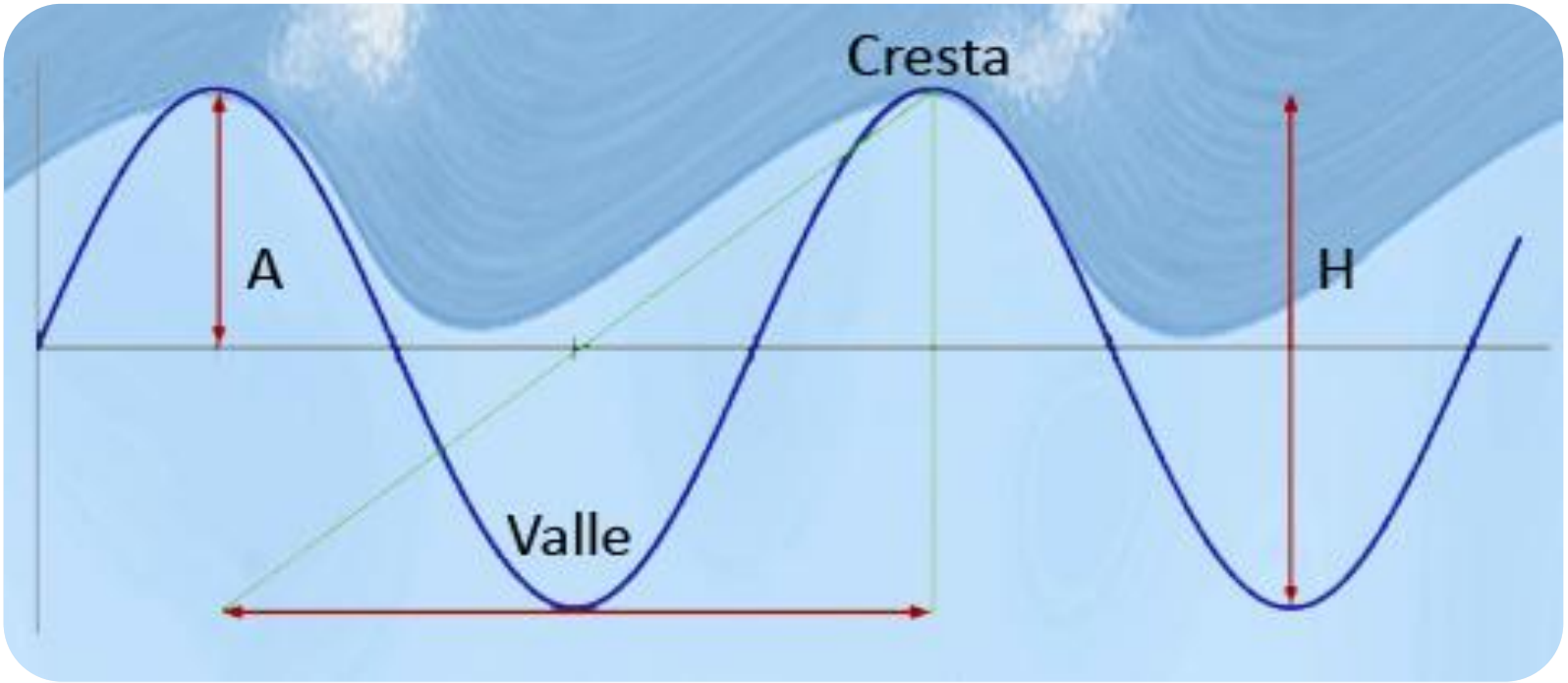
- Partes de una ola.
  - Cresta – parte superior de la ola.
  - Valle – área baja entre las olas.
- Movimientos de una ola.
  - Altura de ola – la distancia vertical entre el valle y la cresta.
  - Longitud de onda – la distancia horizontal entre las crestas.

Olas

Características de las olas.

- Movimientos de una ola.
  - Período de ola – el tiempo que tarda en pasar una ola entera.
- La altura, la longitud y el período de ola dependen de:
  - La velocidad del viento.
  - El tiempo durante el cual el viento ha soplado.
  - El fetch – la distancia que el viento ha recorrido a través de mar abierto.

Partes fundamentales de una ola



TIPOS DE OLEAJE

1. Según la energía de generación II origen (Carter, 1991); figura ll.4a

-Olas marinas o de viento. Están sometidas a la influencia directa del viento que las produce, pudiendo llegar a anularse o reforzarse. Su morfología muestra crestas puntiagudas y surcos redondeados que forman rizaduras superpuestas; a pesar de su nombre aparecen en cualquier ambiente, sea marino, oceánico, lacustre, e incluso fluvial. Según la velocidad del viento y las características de cada masa ácuea, presentan dimensiones que varían desde un oleaje con escasa magnitud (mar rizada o picada, de 0 a 0,25 m de altura) a mar gruesa y muy gruesa (de 2,5 a 6 m de altura).

-De fondo o swell. Olas que no están bajo la influencia directa del viento, bien porque éste cesó o porque se alejaron ya de la fuente o manantial (fetch); pueden desplazarse decenas, incluso centenas, de kilómetros desde su zona origen y según la dirección del viento sin ser mantenidas por éste. Son ondulaciones sinusoidales con gran simetría y circularidad: crestas y senos redondeados, altura y espaciado uniformes. Suele ser un oleaje marino en proceso de decaimiento o dispersión.

-De temporal. Tienen el mismo origen que las «olas marinas», pero son transportadas y mantenidas por el viento de una zona tormentosa. La energía y rapidez del avanCe en los trenes de olas sobre los rompientes, interrumpe transitoriamente el flujo de relamo provocando un «apilamiel1/o» del agua y la «invasión» de zonas más alejadas tierra adentro. Puede llegar a ser un oleaje muy destructivo, máxime si a los efectos del temporal se suman otros como mareas de tormenta (tide stonns) u ondulaciones debidas a diferencias en las presiones atmosféricas (surge storms). Son olas con longitud de onda y período largos, de gran altura: desde arboladas (6 a 9 m) a enormes (mayores de 14 m).

- Tsullamis. Oleaje asociado a la actividad submarina (tectónica, volcánica, deslizamientos) que desplaza masas de agua a gran profundidad y origina olas en superficie con amplitud pequeña (alrededor de 1m) y gran longitud de onda (50 a 200 km); pueden transportarse a largas distancias (centenas de km) y velocidades (hasta 800 km/h). En alta mar apenas es perceptible, sin embargo, al llegar a la costa sufre una notable transformación: cuando disminuye la profundidad, esa energía acumulada debe concentrarse en un volumen de agua mucho menor, lo cual implica mayor altura, pasando de 60-100 cm 015-30 m. Son olas muy destructivas.

2. Según su frecuencia (Mwlk, 1951); figura llAb

- Olas capilares. Se deben al roce entre Láminas de aire yagua en La misma fuente del viento; están controladas por la tensión superficial del líquido. Son pequeñitas rizaduras con morfología en V. cuya longitud de onda es inferior a J, 73cm y su altura aproximada unos milímetros.

- Olas de gravedad. Olas generadas por la transferencia de energía desde el viento al agua y controladas por la masa movilizada. Su longitud de onda es superior a 1,73 cm. Incluyen a Las olas marinas, de swell y traslación o surf

- Olas infra gravitatorias. Formadas mediante interacción entre olas. Tienen amplitud baja y períodos largos.

- Olas de período largo. Producidas por movimientos periódicos de baja frecuencia (mareas) y eventos sin periodicidad (tsunamis y tormentas).

3. Según sus propiedades hidrodinámicas; figura JIAc

Considera la transferencia energética desde la oscilación al desplazamiento o traslación, con la consiguiente removilización de material (Galvin, 1968). A veces lo denominan oleaje de traslación, rompiente. surj. etc., y puede ser:

- De derrame (spilling). Movimiento progresivo de atenuación en una onda y paso a la traslación; llegan a presentar rupturas encadenadas.

-De vuelco (plunging). Adelanto en cada cresta respecto a su base, pérdida de sustentación y enroque, ocasionando un vacío o «voluta», con desintegración posterior y fuertes turbulencias.

-- Ondulada (surging). Formación de una cresta que no llega al ((vuelco» y se diluye, al tiempo que es adelantada por su base en avance hacia la zona de batida.

- De colapso (collapsing). Caso mixto entre vuelco y ondulada.

Olas

Tipos olas.

- Ola de oscilación.
  - La energía de la ola se mueve hacia delante, no el agua.
  - Aparece en mar abierto, en aguas profundas.
- Ola de translación.
  - Comienza a formarse en aguas superficiales cuando la profundidad del agua está en torno a ½ de la longitud de la onda y la ola comienza a «sentir el fondo».

Olas

Tipos de olas.

Ola de translación.

- A medida que la velocidad y la longitud de la ola disminuyen, ésta última aumenta su altura.
- Cuando el frente de la ola se desploma o rompe la ola, avanza hacia la costa.
- El agua turbulenta avanza hacia la orilla y produce el arrastre.

Erosión causada por la olas

Las olas rompientes ejercen una gran fuerza.

La erosión causada por las olas se debe a:

- El impacto y la presión de la ola.
- La abrasión por los fragmentos de roca.

Movimiento de la arena en la playa

Movimiento perpendicular a la línea de costa.

- Las olas rara vez se aproximan directamente a la costa, pero sí siguiendo un determinado ángulo.
- Cuando las olas alcanzan el agua somera de un fondo ligeramente inclinado se doblan y tienden a colocarse en paralelo al litoral.

Refracción, reflexión y difracción del oleaje

El oleaje que incide sobre la costa experimenta una serie de modificaciones:

- Reflexión: Cuando la ola encuentra un obstáculo vertical se produce su reenvío hacia el mar (se refleja) con escasa pérdida de energía. Cualquier obstáculo, como una barrera sumergida (un arrecife o un "bajo"), provocará reflexiones, aunque la ola parezca que pasa por encima sin deformarse demasiado.
- Difracción: Cuando la ola encuentra un borde abrupto, natural o artificial, que emerge del fondo, la energía de la ola se transmite lateralmente (a sotavento del obstáculo) a la cresta de la ola.
- Refracción: Cuando las olas se mueven por aguas someras, la fricción sobre el fondo produce un retardo de las mismas y se van moviendo más lentamente. Las crestas tienden a curvarse y la dirección cambia constantemente hasta adaptarse más o menos a los contornos batimétricos.

Movimiento de la arena en la playa

Refracción de las olas.

- Provoca que la ola se acerque casi en paralelo a la costa.
- Consecuencias de la refracción de las olas.
  - El impacto de la ola se concentra contra los laterales y los extremos de los frentes de tierra.

Refracción de las olas

Refracción del oleaje en una ensenada

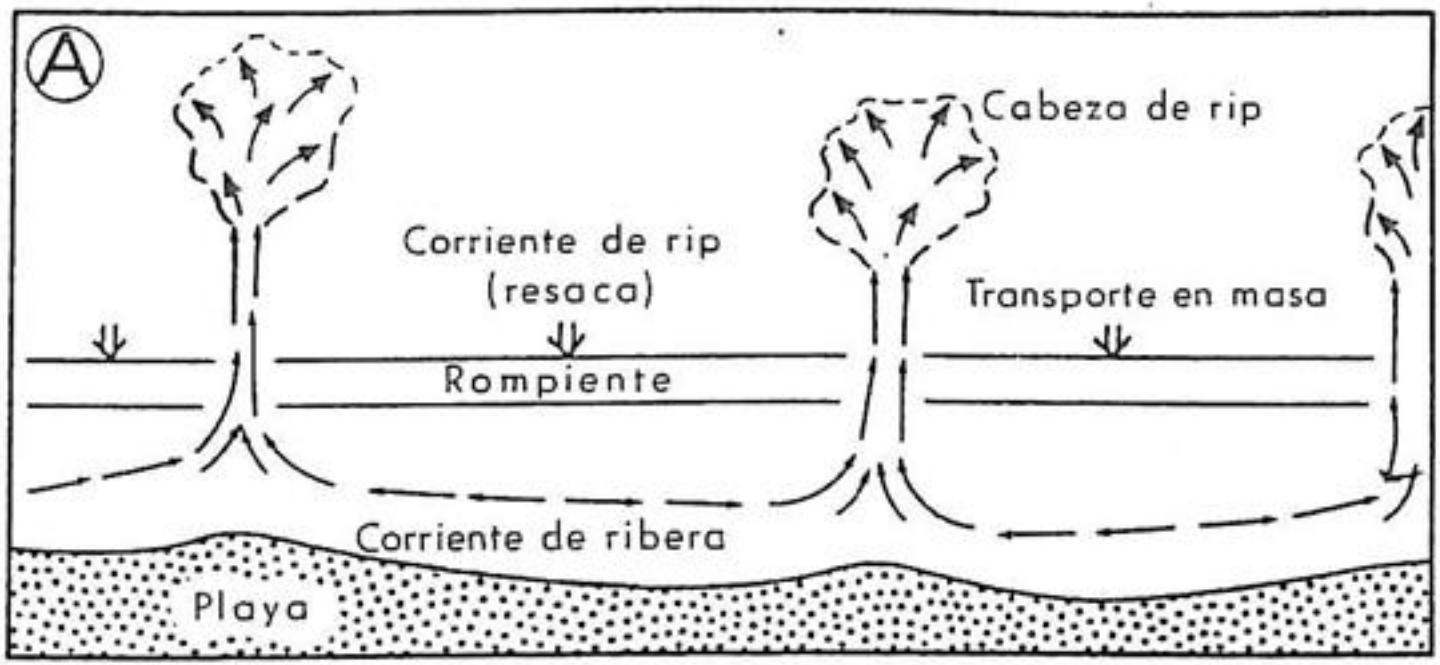
Movimiento de la arena en la playa

Refracción de las olas.

- Consecuencias de la refracción de las olas.
  - El impacto de las olas se expande en las bahías y el ataque de las olas es más débil.
  - Durante largos períodos la erosión de las olas producirá una línea de costa irregular.
- Deriva y corrientes litorales.
  - Las olas que alcanzan la orilla con un cierto ángulo hacen que el agua transporte el sedimento a lo largo del fondo de playa según un modelo en zigzag que se denomina deriva litoral o de playa.

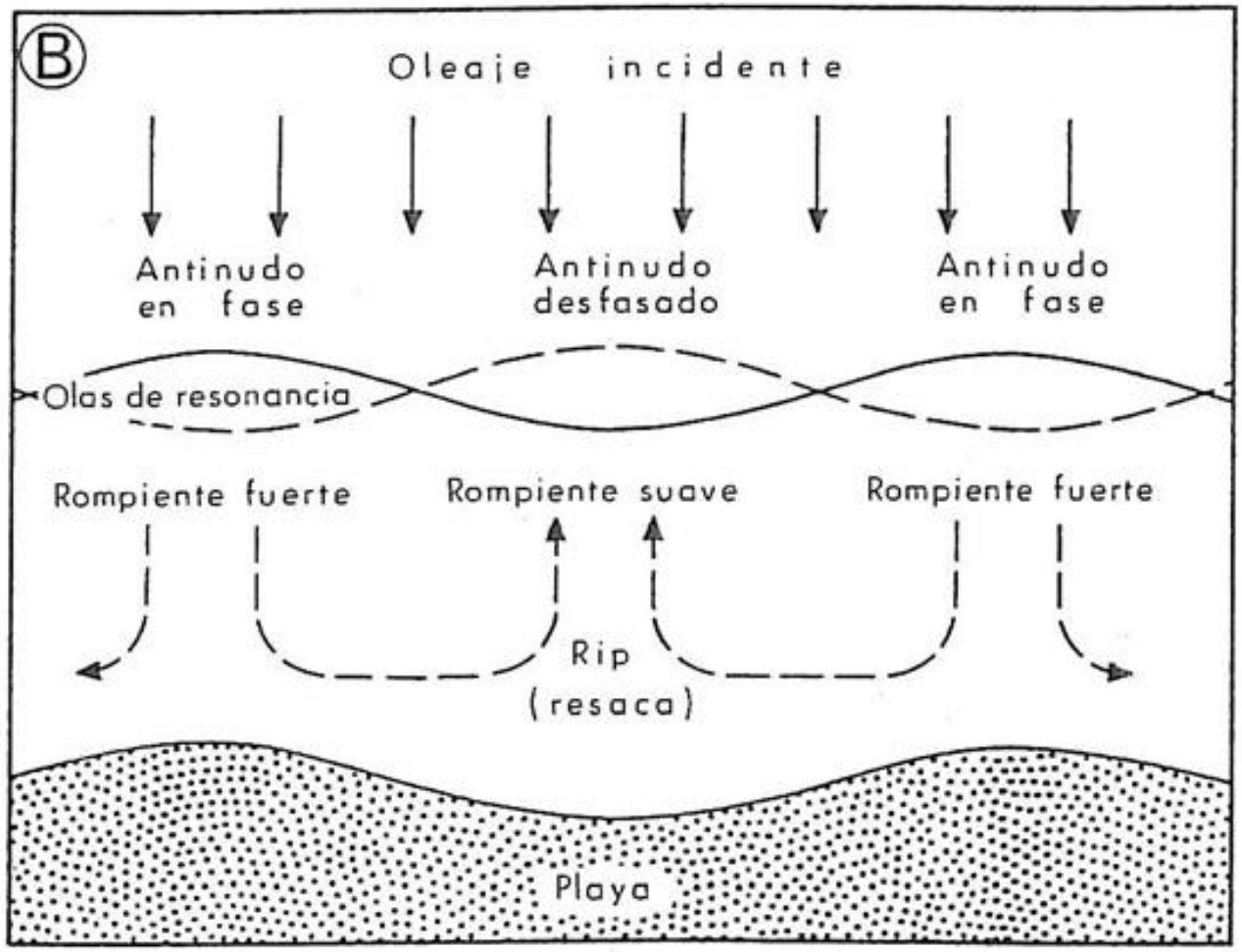
En ocasiones se pueden producir modelos más complejos de circulación

Fig. 11.6//pp. 283 Pedraza (1996)



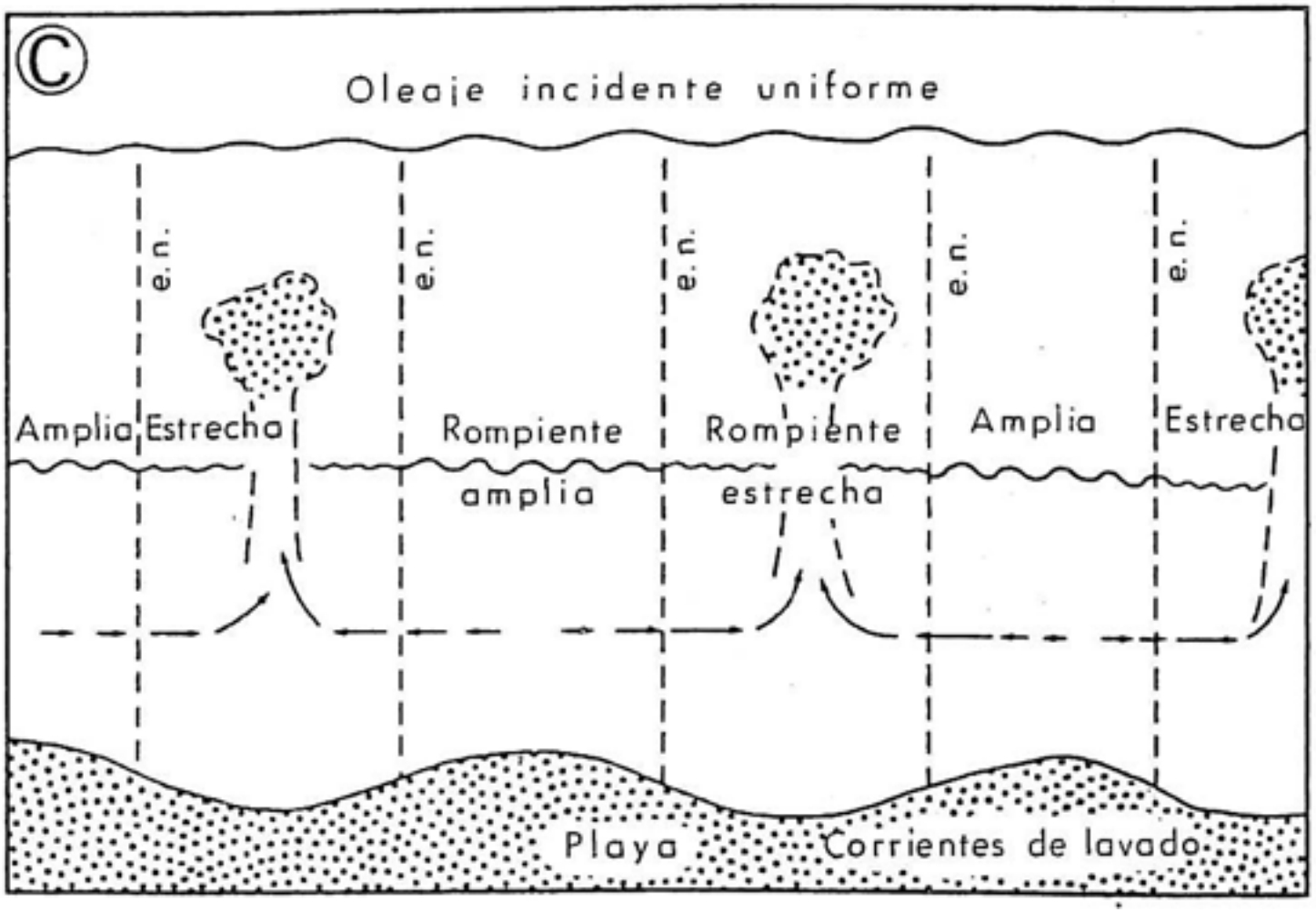
En ocasiones se pueden producir modelos más complejos de circulación

Fig. 11.6//pp. 283 Pedraza (1996)



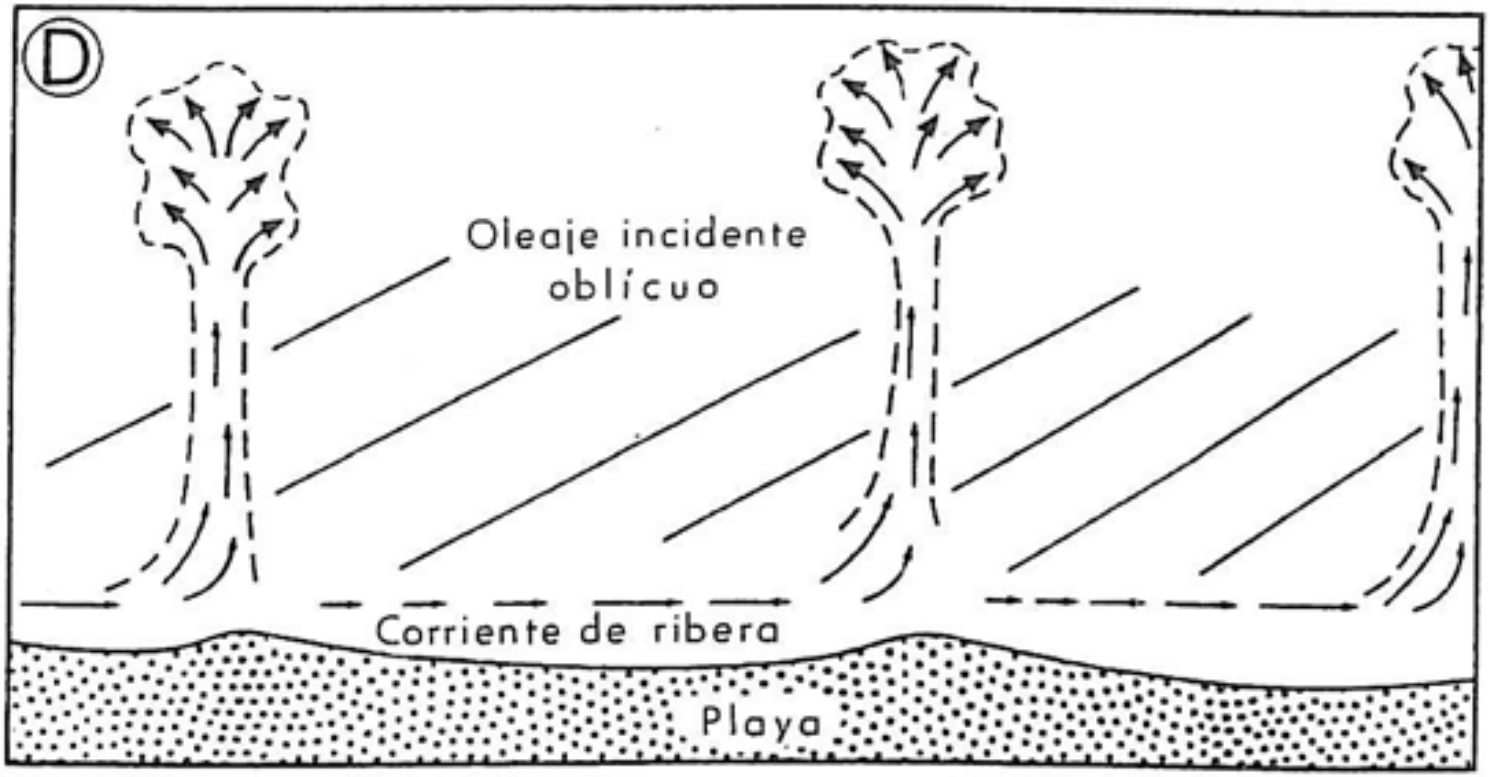
En ocasiones se pueden producir modelos más complejos de circulación

Fig. 11.6//pp. 283 Pedraza (1996)



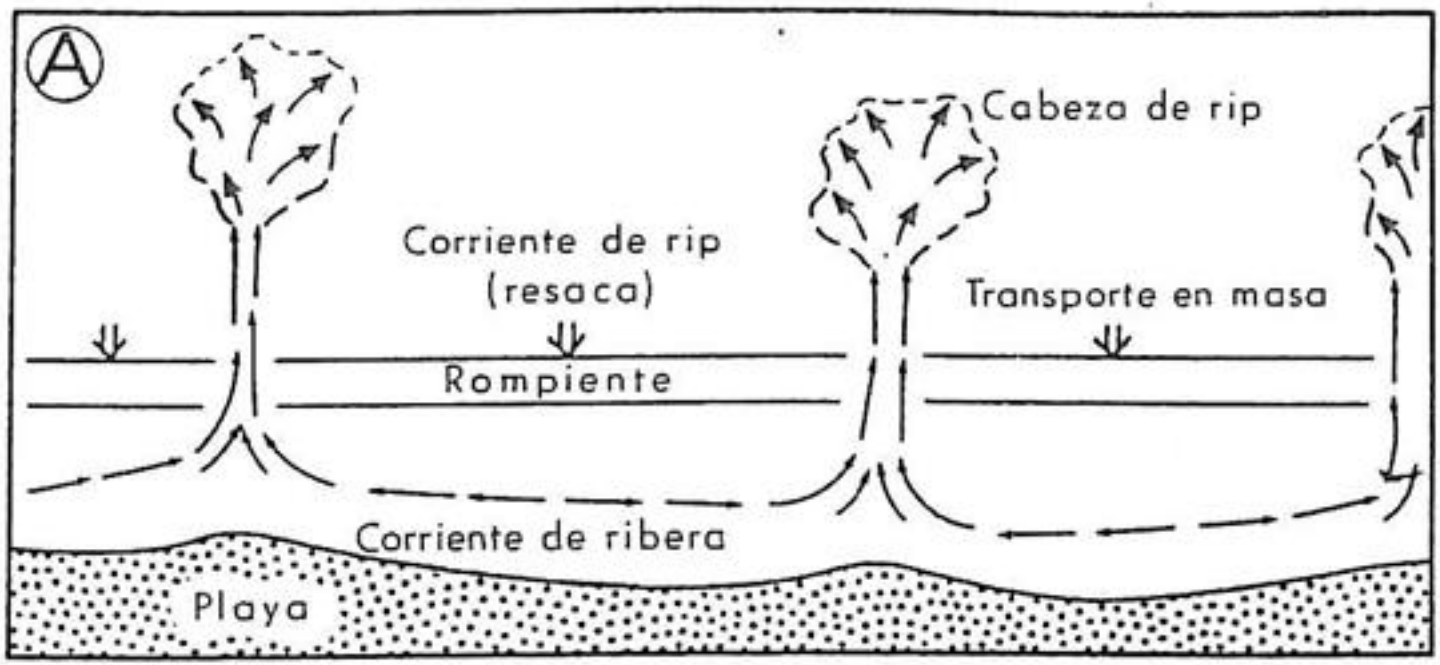
En ocasiones se pueden producir modelos más complejos de circulación

Fig. 11.6//pp. 283 Pedraza (1996)



En ocasiones se pueden producir modelos más complejos de circulación

Fig. 11.6//pp. 283 Pedraza (1996)



Playa de cantos
(La Maruca, Santander, Cantabria)

José Ramón Díaz de Terán Mira

Características de la línea de costa

Las características varían según los siguientes factores.

- Las rocas de la costa.
- Las corrientes.
- La intensidad de las olas.
- Si la costa es estable, si se hunde o se eleva.

Características de la línea de costa

Formas de erosión.

- Acantilados litorales.
- Plataformas de abrasión.
- Formas relacionadas con los frentes de tierra.
  - Arco litoral.
  - Chimenea litoral.

Acantilados y erosión costera (Playa de Las Catedrales, Lugo)

José Ramón Díaz de Terán Mira

Características de la línea de costa

Formas relacionadas con la deriva litoral y las corrientes litorales.

- Flechas.
  - Acumulación alargada de arena que se proyecta desde la tierra a la desembocadura de una bahía adyacente.
  - A menudo el extremo situado en el agua se curva hacia la tierra en respuesta a la dirección dominante de la corriente litoral.

Características de la línea de costa

Formas relacionadas con la deriva litoral y las corrientes litorales.

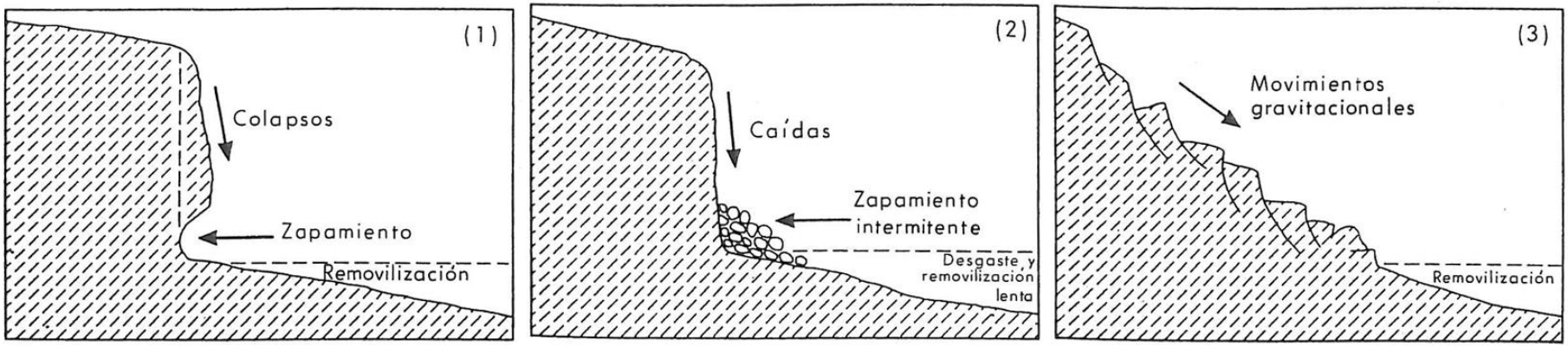
- Barra de bahía – una barra de arena que atraviesa por completo una bahía.
- Tómbolo – una acumulación de arena que conecta una isla con tierra firme o con otra isla.

Formas erosivas y de acumulación

Formas erosivas:

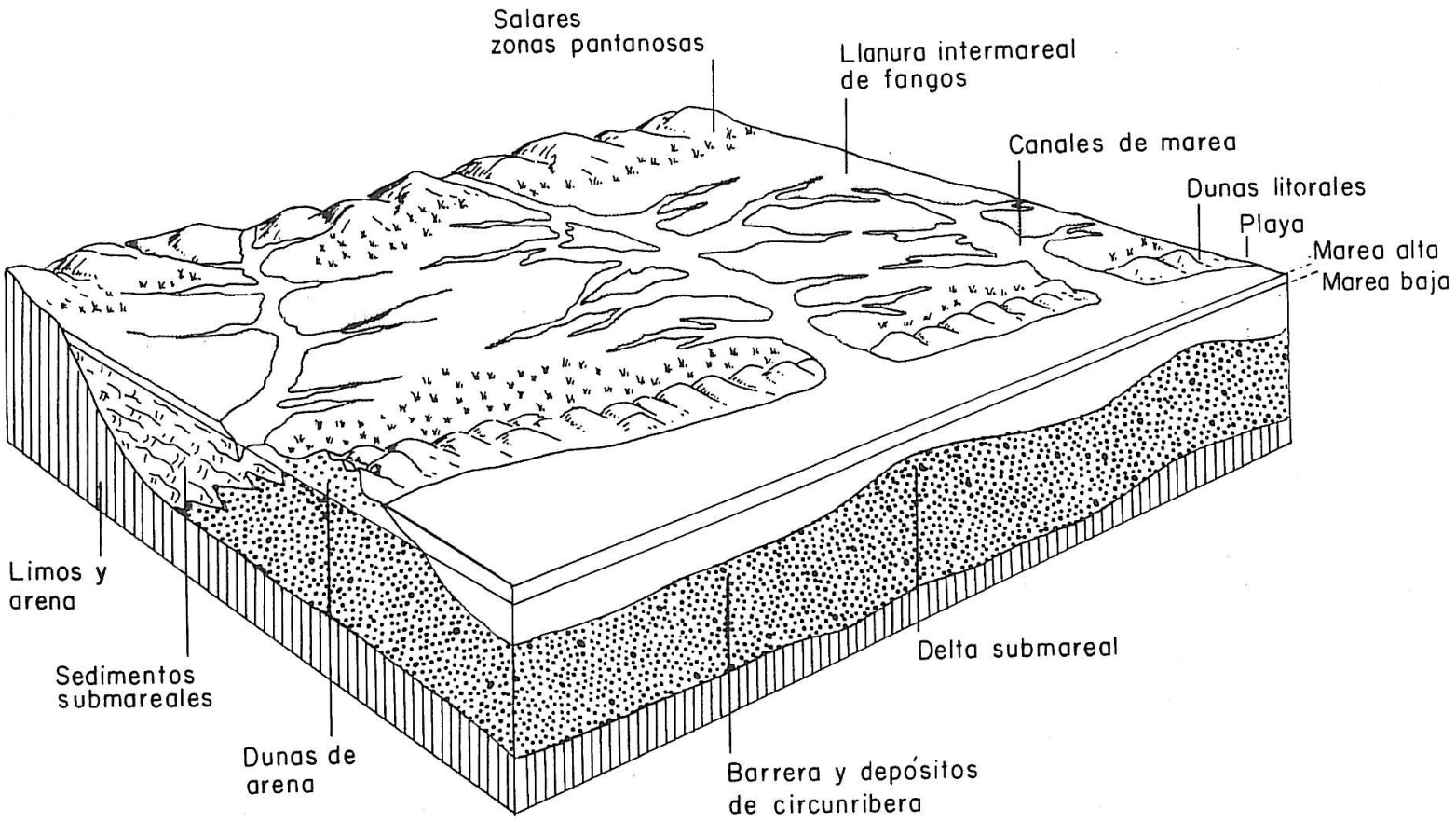
- Acantilados: los originan distinto mecanismos.

Fig. 11.8//pp. 285 Pedraza (1996)



- Plataformas de abrasión (rasas).
- Estuarios.
- Rías y fiordos.

Llanuras intermareales
Fig. 11.13//pp. 289. Pedraza (1996)



Dunas
Cuadro 11.3//pp. 290. Pedraza (1996)

TIPO	FORMA	ORIENTACIÓN
DUNAS PRIMARIAS: suministro de arena procedente de la playa		
Dunas libres (sin vegetación sustancial)	Alineaciones transversas, barjanes, alineaciones oblicuas	Viento orientado y, en general, perpendicular a la dirección de la construcción
Dunas estancadas (con cobertera vegetal abundante)	Dunas frontales, alineaciones de arena y plataformas dunares	Núcleos orientados y generalmente paralelos, en zonas alejadas de la playa fuente de los materiales
DUNAS SECUNDARIAS: arena derivada de la erosión de dunas primarias estancadas		
Dunas transgresivas	Cubetas de deflación, dunas parabólicas, longitudinales o capas transgresivas	Viento orientado y generalmente paralelo a la dirección del viento construccional
Dunas remanentes	Residuos de dunas primarias erosionadas	

Estuario del Asón (Cantabria)

José Ramón Díaz de Terán Mira

Tipos de costa

Se han realizado muchos intentos de clasificación pero ninguno es todavía satisfactorio. No obstante se pueden considerar los siguientes tipos en función de criterios geomorfológicos:

- Costas de rías. Formadas por inundación de un valle fluvial. Llamadas también costas de inmersión. Rías gallegas e irlandesas.
- De fiordo, o costas de emersión por compensación glacioisostática. Costa noruega.
- De isla barrera y lagoon. Presenta una zona acuosa cerrada por una barrera de arena. Mar Menor.
- Arenosas o de playas estabilizadas. Con dunas tierra adentro.
- Llanuras de marea. Buen desarrollo de una zona intermareal. Marismas del Guadalquivir y Santoña.
- De delta. Delta del Ebro.
- Arrecifales. Construcciones biogénicas. Atolones.
- Acantiladas. Denominadas también tectónicas o estructurales.

Clasificación de las costas

Costas de emersión.

- Se desarrollan por la elevación de un área o el descenso del nivel de agua.
- Formas de una costa de emersión.
  - Acantilados litorales.
  - Plataformas de abrasión.

Clasificación de las costas

Costas de inmersión.

- Causadas por la subsidencia de la tierra adyacente al mar o el aumento del nivel del mar.
- Formas de una costa de inmersión.
  - Línea de costa irregular.
  - Estuarios – desembocaduras fluviales inundadas.

Las mareas

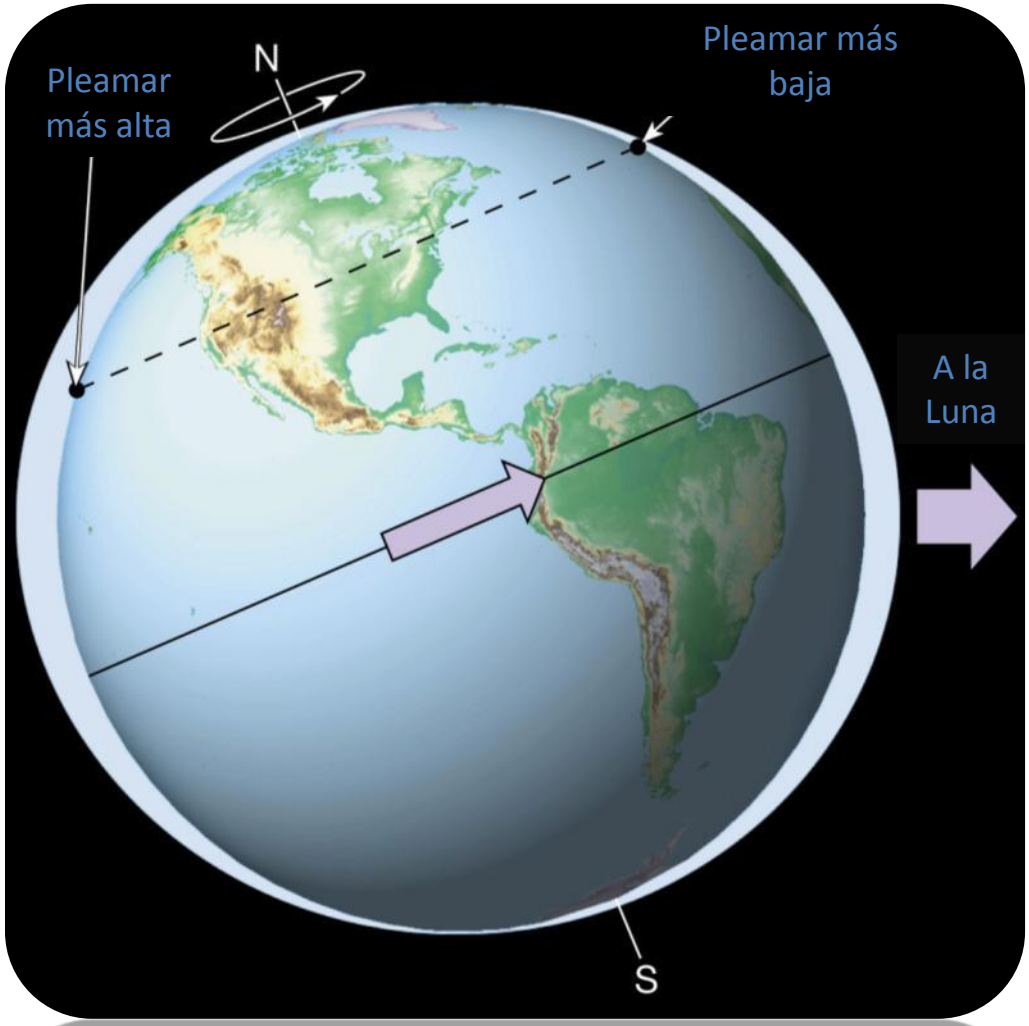
- Son oscilaciones periódicas en el nivel medio de las aguas (océanos, mares y grandes lagos), debido a interacciones gravitatorias Tierra-Luna-Sol.
- El tamaño, profundidad y topografía de la cuenca también controlan la magnitud de los ascensos/descensos (pleamar/bajamar).

  Pueden ser: micromareales (oscilaciones menores de 2 m), mesomareales (entre 2 y 4 m) y macromareales (superior a los 4 m). En la Península Ibérica hay macromareas en algunas zonas del litoral cántabro- atlántico, mesomareas en el resto de ése litoral y micromareas en el Mediterráneo.
- La importancia de las mareas se debe al efecto impulsor ejercido sobre el oleaje. También a que origina ambientes especiales intermareales (intertidales), alternativamente subacuáticos y subaéreos.
- También originan corrientes de marea como consecuencia de los ascensos y descensos de las aguas.

Mareas

- Cambios diarios de elevación de la superficie del océano.
- Causas de las mareas.
  - La fuerza gravitacional de la Luna y, en menor medida la del Sol, causa el pandeo mareal.

La gravedad de la Luna causa las mareas



Mareas

Ciclo mensual de las mareas.

- Mareas vivas.
  - Tienen lugar durante las Lunas nueva y llena.
  - Las fuerzas gravitacionales de la Luna y el Sol se suman.
  - Sobre todo mareas altas y bajas.
  - Gran intervalo mareal diario.

Mareas

Ciclo mensual de las mareas.

- Mareas muertas.
  - Tienen lugar durante el cuarto creciente y el cuarto menguante.
  - Las fuerzas gravitacionales de la Luna y el Sol están compensadas.
  - El espectro mareal es menor.

Mareas

Otros factores que influyen en las mareas.

- Forma de las líneas costeras.
- Configuración de las cuencas oceánicas.

Modelos mareales.

- Modelo mareal diurno = una sola marea alta y una sola marea baja cada día mareal.
- Modelo mareal semidiurno = dos mareas altas y dos mareas bajas cada día mareal.

Mareas

Modelos mareales.

- Modelo mareal mixto = gran desigualdad en las alturas de las mareas altas, las de las mareas bajas o ambas.

Corrientes mareales.

- Flujo horizontal del agua que acompaña la elevación y el descenso de la marea.

Mareas

Corrientes mareales.

- Tipos de corrientes mareales.
  - Flujo mareal – avanza hacia la zona costera cuando la marea sube.
  - Reflujo mareal – movimiento mar adentro del agua cuando la marea baja.
- Las llanuras mareales son áreas afectadas por corrientes mareales.
- A veces las corrientes forman deltas mareales.

Mareas

Mareas y rotación de la Tierra.

- La fricción de las mareas contra el suelo oceánico actúa como un freno débil que ralentiza firmemente la rotación de la Tierra.
  - El día está aumentando a razón de 0,002 segundos por siglo.
  - A lo largo de millones de años este pequeño efecto será muy grande.
- La longitud de cada día debe haber sido más corta en el pasado geológico.

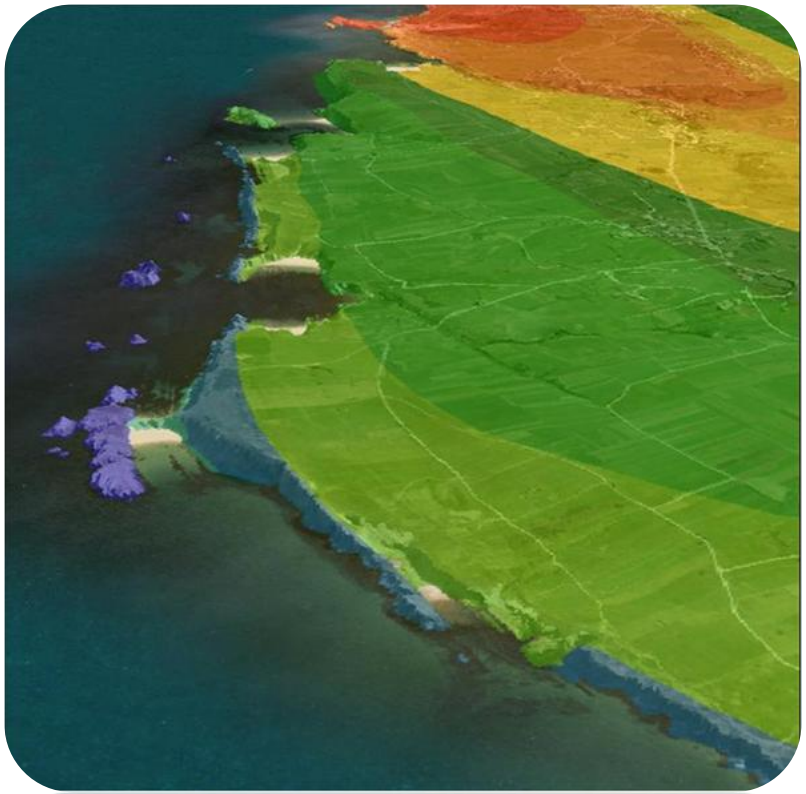
El litoral de Cantabria

José Ramón Díaz de Terán Mira

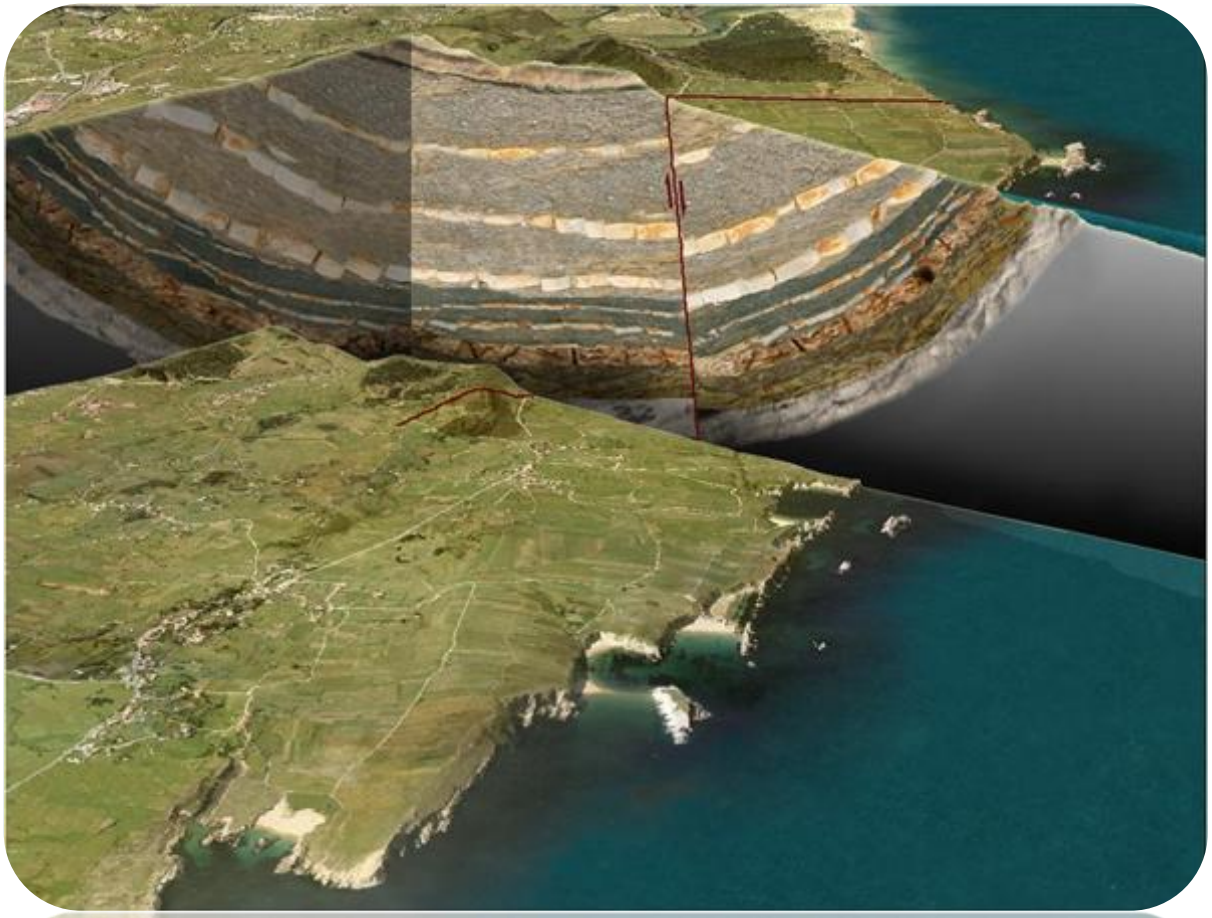
Ensenada y ermita de Santa Justa (la ermita está construida en el núcleo erosionado de un anticlinal)

Esquema Geológico

- 100 millones de años.
- Límite K-T.
- *Costa Quebrada: Paisaje y Geología.*
- Tramo costero Covachos-Liencres: Un tratado de morfología costera.



Esquema estructural
Sinclinal con línea de costa en flanco norte



Capas con fuerte buzamiento al sur

Contacto calizas cenomanienses/margas turonienses

Rasa de 70 m (antigua línea de costa en falda de M. Picota)

Terminación periclinal de Monte Picota

Foto aérea. Covachos/La Arnía/Embudo
Retroceso/erosión línea de costa

Farallones caliza cenomaniense

Playa de Somocueva
Caliza aptiense. Resto de litologías albienses (areniscas/limolitas). Formación de los “Urros”

Playa Somocueva. Contacto Aptiense/Albiense. Erosión istmo albiense. Dunas degradadas

Ensenada de portio
Contacto Cenomaniense/Turoniense

José Ramón Díaz de Terán Mira

Detalle contacto Cenomaniense/Turoniense "Embudo" en margas (inicio ensenada)

Tómbolo de Covachos
Lengua de arena

José Ramón Díaz de Terán Mira

Tómbolo de Covachos
Formación lengua de arena

Plataforma de abrasión (rasa) de La Arnía
"Urro" caliza aptiense. Farallones caliza cenomaniense. Estratos "cepillados" margas turonienses

La Arnía en bajamar
Urbanización borde acantilado en retroceso

Detalle retroceso acantilado en La Arnía

Playas de Liencres, Campo de dunas (> Cantábrico). Tipos de dunas. Desembocadura del río Pas

Desembocadura del río Pas
Estructuras arenosas (barras emergida e intermareales)

Playa de Valdearenas (Liencres)
Dunas primarias y secundarias. Terminación periclinal de Picota

Campo dunar de Liencres
Dunas móvil y fijas

Desembocadura del río Pas
Barras intermareales. Campo dunar. Rasa costera. La Marina. Al fondo, Picos de Europa

Las amenazas e impactos sobre el litoral de Cantabria

- Urbanización y construcción.
- Desecación y rellenos de marismas y estuarios.
- Construcción de puertos.
- Contaminación.
- Cambio Climático.

FOTO: Marismas de la ría Capitán (desecada y ahora abierta nuevamente a la circulación mareal)

Desecación y relleno de marismas y estuarios

Destrucción de marismas por medio de rellenos, desecación y construcción de barreras, para ubicar urbanizaciones, industrias, infraestructuras, actividades agrarias, vertido de escombros o residuos de explotaciones mineras .

Algunos datos:

- Los 22 estuarios existentes en Cantabria tenían una superficie original de 99,305 millones de m2
- Ahora han quedado reducidos a 47,223 millones de m2 .
- Como consecuencia de la presión humana han experimentado una reducción de su superficie original del 52,45%.
- Algunos de los estuarios han desaparecido (Merón, Las Llamas, Ontón)
- El ritmo de relleno artificial es de 49 a 64 veces más rápido que el natural. De seguir este ritmo, las zonas intermareales de Cantabria desaparecerían en 138 años.

FOTO: Marismas del estuario del río Asón

Desecación y relleno de marismas y estuarios

FOTO: Marismas del estuario del río Asón

José Ramón Díaz de Terán Mira

Bahía de Santander
Líneas de Costa artificial y natural

La bahía de Santander: un ejemplo paradigmático.

En poco más de un siglo, ha perdido:

- Casi el 50% de su superficie original
- El 76% de su costa natural

Esto implica:

- Disminución volumen agua.
- Pérdida capacidad dilución.
- Aterramiento bahía.
- Pérdida productividad biológica.

Bahía de Santander
Líneas de Costa artificial y natural

Problemática ingenieril

Interferencia de infraestructuras costeras con dinámica sedimentaria.

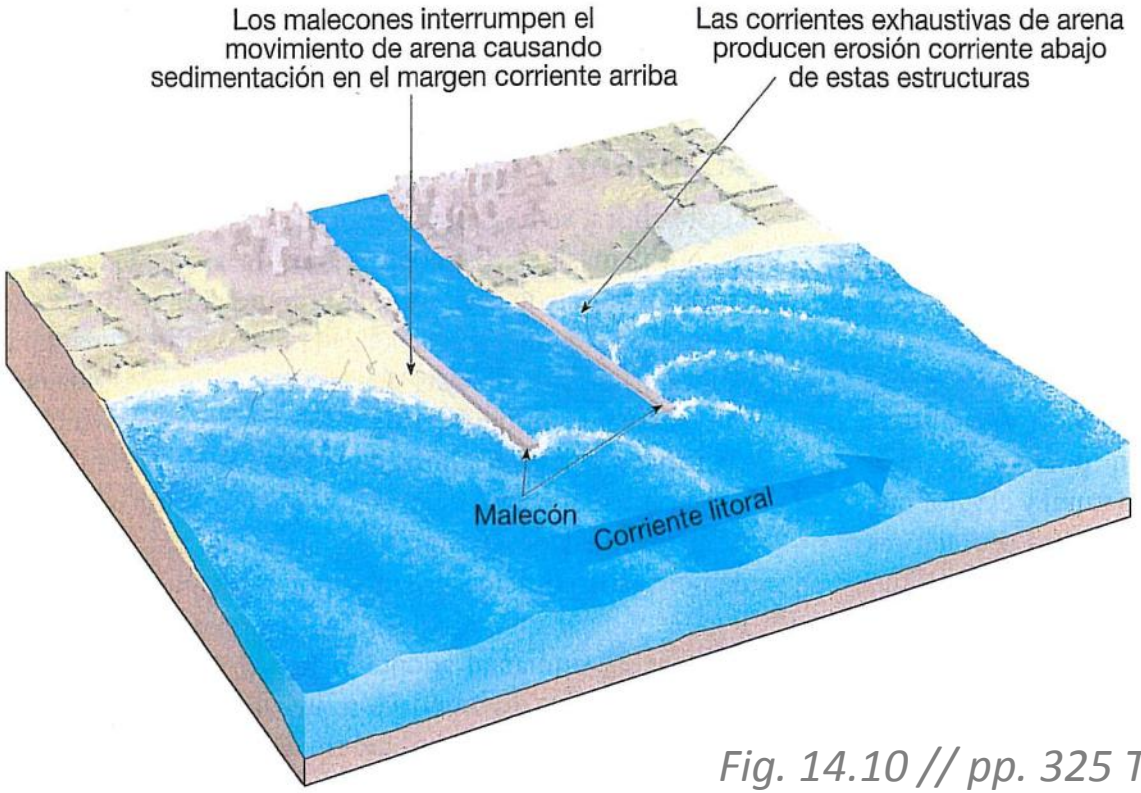


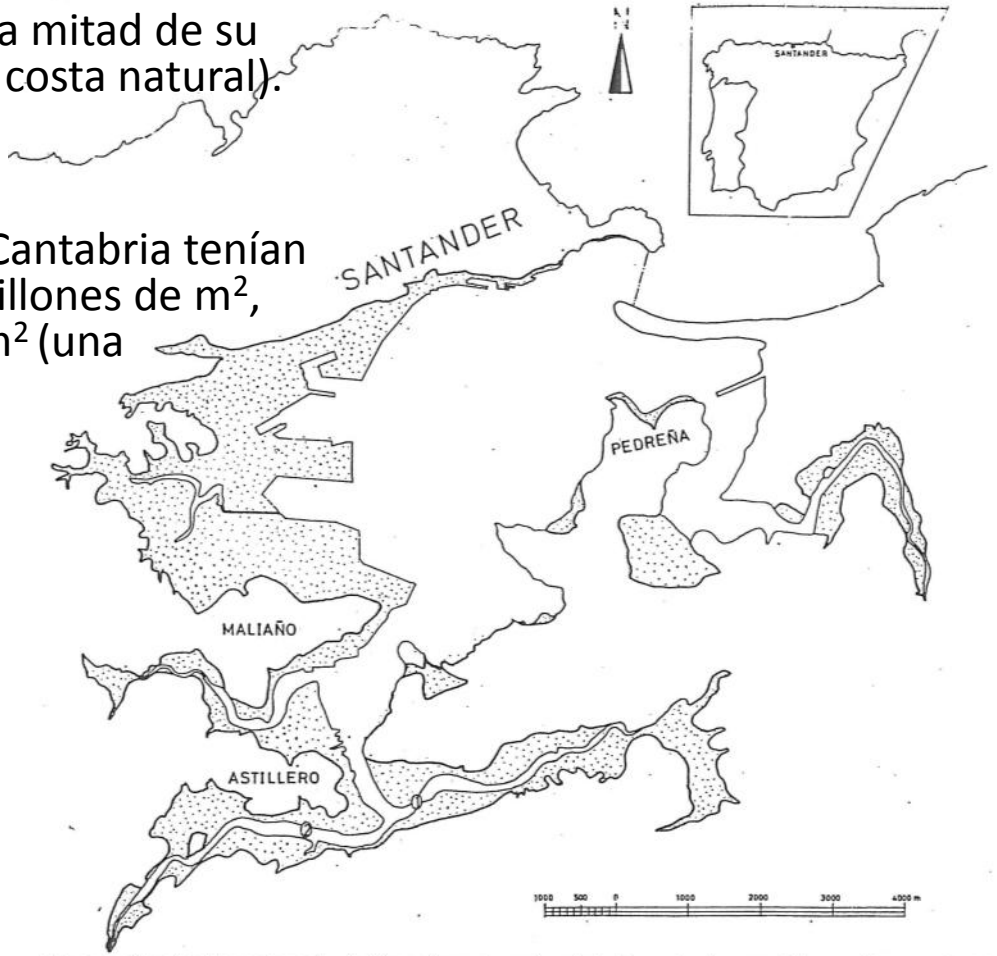
Figura 14.10 Se construyen malecones en las entradas de los ríos y los puertos, y están pensados para evitar la sedimentación en el cauce de navegación. Los malecones interrumpen el movimiento de la arena realizado por la deriva de la playa y las corrientes litorales. Se produce erosión de la playa corriente abajo del lugar donde se encuentra la estructura.

Fig. 14.10 // pp. 325 Tarbuck y Lutgens (2000)

Relleno antrópico de zonas intermareales estuarinas.

- Bahía de Santander (ha perdido la mitad de su superficie original y el 76% de su costa natural).

- Los 22 estuarios y marismas de Cantabria tenían una superficie original de 99,3 millones de m^2, ahora tienen 47,22 millones de m^2 (una reducción del 52,45%).



—Mapa de situación. Línea de costa primitiva y línea de costa actual. En punteado, superficie perdida por la bahía.

- Elevación del nivel marino (un aumento del nivel del mar de 50 cm, supone una erosión en horizontal de 50 m)
- Los problemas derivados de la alimentación artificial de playas.
- Erosión de costas y su problemática.

Estabilización de la costa

En la erosión de la costa influyen los siguientes factores locales.

- Proximidad de ríos cargados de sedimentos.
- Grado de actividad tectónica.
- Topografía y composición del terreno.
- Vientos y condiciones meteorológicas predominantes.
- Configuración de la línea de costa y de las áreas próximas al litoral.

Estabilización de la costa

Estabilización firme.

- Malecones.
  - Suelen construirse en parejas para desarrollar y mantener los puertos.
  - Se extienden en el océano en los lugares de entrada de ríos y puertos.

Estabilización de la costa

Estabilización firme

- Espigones
  - Se construyen para mantener o ensanchar las playas
  - Se construyen en ángulo recto a la playa para atrapar la arena

Estabilización de la costa

Estabilización firme.

- Rompeolas.
  - Barrera construida en paralelo a la línea de costa.
  - Protege a los barcos de la fuerza de las grandes olas rompientes.

Estabilización de la costa

Estabilización firme.

- Dique.
  - Barrera paralela a la línea de costa y cercana a la playa para proteger la propiedad.
  - Impide que las olas alcancen las áreas de playa detrás del dique.
- La construcción de estructuras protectoras no es siempre un medio efectivo de protección.

Estabilización de la costa

Alimentación de playa.

- La adición de grandes cantidades de arena al sistema de playas.
- Sólo es una solución viable a largo plazo desde el punto de vista económico en unas pocas zonas.

Abandono y recolocación de las estructuras lejos de la playa.