

INTRODUCCION

Existe un concepto generalizado que se fundamenta en creer que la tierra es estable y que los procesos geológicos son permanentes a la vista humana. Para muchos esta premisa resulta razonable porque la tierra cambia lentamente, pero las costas no son estáticas, al igual que las comunidades que habitan en ella, varían en forma y posición en respuesta a las fuerzas naturales y a las actividades humanas.

Por consiguiente, los ambientes costeros resultan ser escenarios de trabajo complejos, por las numerosas variables que condicionan el natural desarrollo de los mismos.

1. PROCESOS DE LARGO PLAZO Y GRAN ESCALA

1.1. TECTÓNICA DE PLACAS

Las características más amplias de las costas están asociadas directamente con la naturaleza del margen continental adyacente. Por ejemplo, las costas de Norte América en el Atlántico son amplias, de relieve bajo, caracterizadas por islas barreras y estuarios. En contraste, la costa Pacífica es rugosa con acantilados y playas de bolsillo, de tipo erosional. El Salvador tiene características de la costa Pacífica, existen acantilados como la Cordillera del Bálsamo y Sierra de Jucuarán, y playas de bolsillo de tipo erosional.



Fig.1 Playa de bolsillo de tipo erosional, Atami, La Libertad.

Hay tres tipos principales de costas según la tectónica de placas:

- Costas asociadas con el borde delantero de una placa (de colisión)
- Costas asociadas con el borde trasero de una placa (pasivo)
- Costas de mares marginales

A. Costas de borde delantero de placas (leading edge coasts)

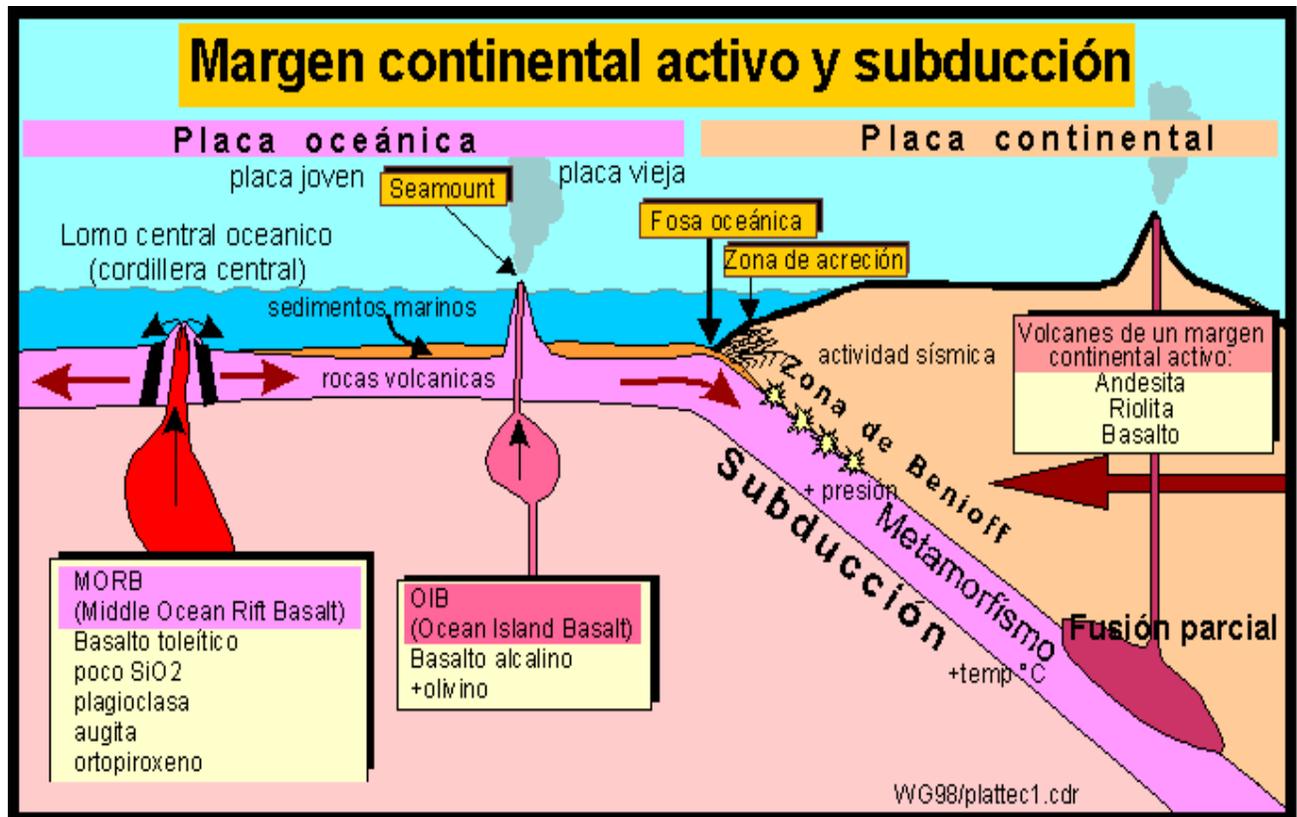


Fig. 2 Esquema del proceso de Subducción.

Fuente: www.conacyt.gob.sv/revista-6-7-7-01.htm

Son costas tectónicamente activas y complejas, tienen una topografía irregular y alto relieve. Los sedimentos que llegan a la costa quedan atrapados en estuarios o van directamente al mar. Los deltas¹ son raros debido a la ausencia de plataforma continental amplia y a la alta energía del oleaje. Los cañones submarinos son grandes y profundos con cabezas cercanas a la costa. Nuestro país es un buen ejemplo de este tipo de

¹ Se denomina **delta** al territorio triangular formado en la desembocadura de un río, a medida que se produce una disminución brusca de la velocidad del flujo, que puede ser causada por su desembocadura en el mar, en un lago, o en otro río más ancho.

costa, pueden encontrarse rasgos topográficos de alto relieve como la cordillera del Bálsamo y zonas de llanuras como las costas del departamento de Usulután.



Fig. 3 Playa El Zonte, costa de topografía de alto relieve y fuerte oleaje.
Fuente: Página Web www.flickr.com

B. Costas de bordes pasivos (trailing edge coasts)

Son las más diversas y ocurren en distintos marcos tectónicos.

- Costas tipo neo: Ocurren en centros activos de expansión oceánica, son variadas con poco sedimento (ej. El mar Rojo, Golfo de California).
- Costas tipo afro: Medianamente maduras. No tienen altos relieves que aporten mucho sedimento a la costa pero hay bastantes ríos y deltas (ej. África y Groenlandia)
- Costas tipo amero: Son las más maduras. Están ubicadas en porciones estables tectónicamente por millones de años. Tienen planos costeros amplios con bajo relieve y sistemas de drenaje bien desarrollados. Hay grandes aportes de sedimento, un margen continental amplio y estable, con una zona costera caracterizada por depositación (ej. Costa Este de Norte América)

C. Costas de mares marginales

Son costas localizadas cerca de las márgenes convergentes pero no son tectónicamente activas. Son de relieve bajo y drenaje bien desarrollado, sometidas a baja acción de oleaje por el tamaño limitado de las cuencas. Acumulan gran cantidad de sedimentos. Por ejemplo las costas del este de Asia y el Golfo de México.

1.2. CAMBIOS EUSTÁTICOS DE NIVEL DEL MAR

El nivel del mar controla el tipo y magnitud de todos los procesos costeros: el intervalo mareal, el tipo de rompiente, la velocidad de corrientes a lo largo de la costa, la velocidad de sedimentación, etc. por tanto al cambiar genera un reajuste de la nueva costa. Con cambios grandes, las formas costeras son abandonadas formando costas fósiles y comienza a formarse un nuevo conjunto de ellas. Con cambios pequeños, las formas costeras sufren cambios progresivos y son obligadas a migrar. Los cambios absolutos en el nivel del mar globales se conocen como: cambios eustáticos o glacio-eustáticos (relacionados con glaciaciones).

2. PROCESOS DE CORTO PLAZO - REGIONALES

2.1. CAMBIOS LOCALES DE NIVEL DEL MAR

- ◆ **Cambios climáticos:** El nivel del mar está afectado por cambios en la temperatura del agua e intensidad del viento, debidos a la variabilidad climática estacional o interanual (El Niño), que es diferente para cada región.
- ◆ **Tectónica:** Los movimientos de la corteza terrestre por actividad sísmica o volcánica en una porción inestable tectónicamente, generan cambios del nivel del mar hundiendo o levantando la costa.
- ◆ **Subsidencia:** Hundimiento de la tierra por compactación de sedimentos o por la extracción de agua.
- ◆ **Isostasia:** Ajuste de la litósfera en respuesta a cambios en el peso por aumento o disminución de la cobertura de hielo.



Fig. 4 Levantamiento de la costa, playa Las Tunas.
Fuente: Página Web www.aventuracusatleca.com

2.2. PROCESOS FÍSICOS

2.2.1. MAREAS

Las mareas son elevaciones y caídas periódicas del nivel del mar que resultan de la atracción de la tierra y su hidrósfera por el sol, la luna y otros cuerpos celestes. En realidad las mareas son el paso de una onda de gran tamaño por las cuencas oceánicas: 100 km de longitud, velocidad de 80 km/h altura de 50 cm y hasta 5 m en algunas costas. Las mareas en las costas controlan la posición y amplitud de la zona de acción del oleaje, generando corrientes que pueden rodar y transportar sedimentos y también controlan la circulación de algunos cuerpos de agua.

Las mareas no son uniformes en todas las cuencas y las costas. Aspectos como la duración del día lunar, la variación en la posición de la luna y el sol con respecto a la tierra y la interferencia de la onda mareal por el relieve, hacen que las costas experimenten patrones mareales diferentes:

- Mareas semidiurnas: 2 mareas altas y 2 bajas cada día
- Mareas diurnas: 1 marea alta y 1 baja cada día
- Mareas mixtas: Sucesivas altas y bajas de diferente altura

La altura de marea varía en el tiempo de acuerdo con las posiciones relativas de la tierra, la luna y el sol. Cada mes se presentan mareas vivas (intervalo mareal mayor) y mareas muertas (intervalo mareal menor). A lo largo del año hay también mareas vivas extremas y mareas muertas extremas.



Fig.5 Playa El Suncita durante la marea baja

De acuerdo con su intervalo mareal, las costas se han subdividido en:

Micromareales: < 1m

Mesomareales: 1- 3.5 m

Macromareales: > 3.5 m

Las mareas en nuestro país varían entre 1 y 3 metros por lo que se clasifican como mesomareales

2.2.2. OLAS



Fig. 6 Olas de gran energía en la costa salvadoreña

Las olas son la fuerza dominante en los procesos litorales de costas abiertas, proveen la energía para formar playas, seleccionar sedimentos y transportar materiales; llegando a ser determinantes en la geometría y composición de las playas. Las olas se generan por la transferencia de energía desde los vientos al soplar sobre una superficie de agua.

El conocimiento del oleaje en una zona costera es indispensable para los estudios de la línea de costa y protección costera.

Para un diseño costero es muy importante conocer la altura de las olas en condiciones de tormenta y la frecuencia de ocurrencia de oleajes de tormenta con una elevación máxima específica. Esto se hace a través de datos históricos o técnicas de simulación. Otro factor importante es el máximo en la elevación instantánea del agua en la línea de costa (wave run up, R_{max}) que depende de la altura de la ola, la longitud de onda, el tipo de rompiente y la pendiente de la costa.

En la interacción de las olas con el fondo pueden ocurrir tres procesos:

INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS COSTEROS

- **Refracción:** Al llegar una línea de olas a la costa, ésta no rompe simultáneamente ya que la profundidad del fondo no es homogénea. La parte de la ola que está en menos profundidad disminuye la velocidad, mientras que la que está en agua más profunda tiene mayor velocidad, así que la línea de ola se curva o se refracta.
- **Difracción:** Es la propagación de la ola alrededor de un obstáculo.
- **Reflexión:** Las olas pueden reflejarse, el proceso es importante cuando chocan con un obstáculo vertical.

2.2.3. CORRIENTES

Las corrientes en la costa son producto de otros procesos físicos como olas y mareas. Hay corrientes perpendiculares a la costa y corrientes paralelas a la costa.



Fig.7 Fotografía desde el muelle del puerto de La Libertad. Puede verse los diferentes frentes de ola debido a las corrientes predominantes.



Fig. 8 Playa El Zunzal, puede apreciarse las diferentes direcciones de las corrientes que llegan a la playa.

Puede notarse las corrientes paralelas a la costa, así como las direcciones de los frentes de olas

Los cambios de coloración al fondo también indican diferentes corrientes.

2.2.4. VIENTOS

Los vientos son causados por gradientes de Presión Atmosférica² a través de un área. El viento tiene gran influencia sobre la línea de costa. Directamente es un agente de erosión y transporte de sedimentos costeros. Indirectamente es responsable de la formación de las olas y de mucha de la circulación marina.

² La diferencia de presión entre dos puntos se llama **gradiente de presión**.

2.2.5. TORMENTAS TROPICALES

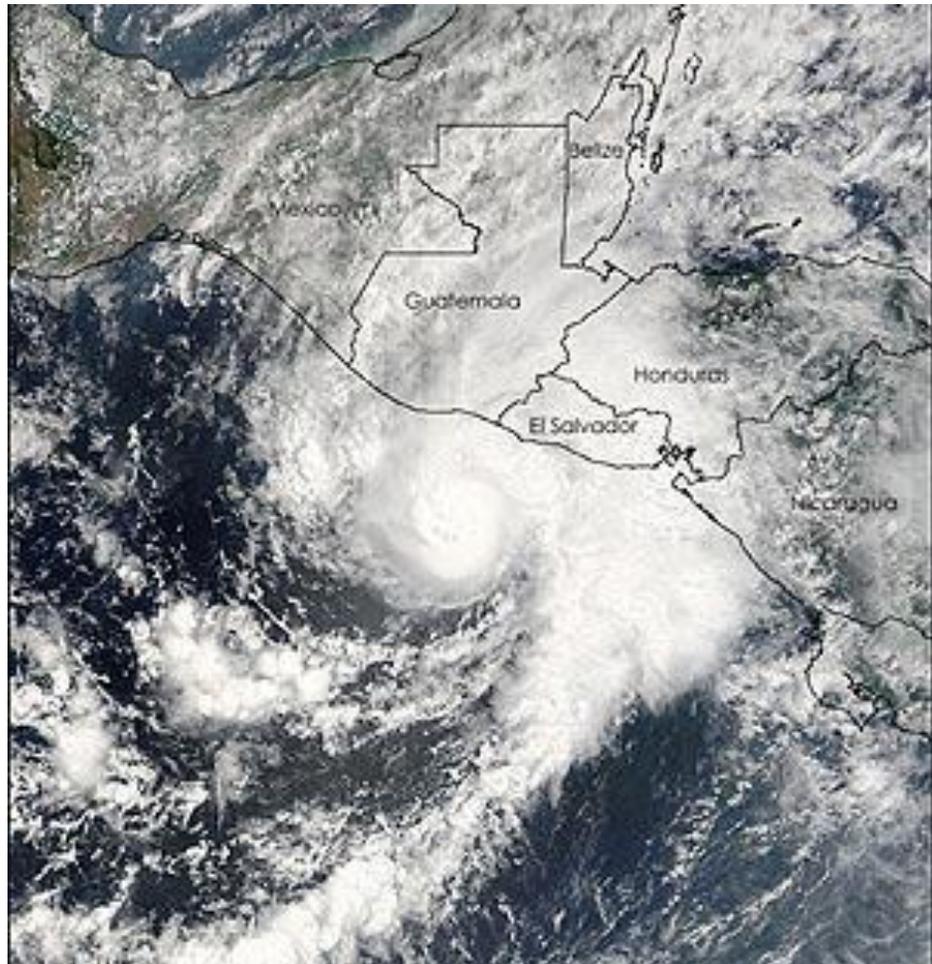


Fig. 9 Imagen del huracán Adrian tomada por la NASA (Foto: AP)

Son ciclones que rotan alrededor de un centro de baja presión atmosférica. Cuando exceden la velocidad de 33 m/s se conocen como huracanes, tifones o ciclones (dependiendo de la localidad). Pueden causar erosión severa de las costas y daños a las propiedades.

2.3. PROCESOS QUÍMICOS

Se dan por reacciones químicas que ocurren en varios ambientes costeros. Pueden ser constructivos o destructivos.

- Constructivos: Ocurren por precipitación química, principalmente de minerales evaporíticos y carbonato de calcio. Los ejemplos más significativos son las rocas de playa y las eolianitas o rocas de dunas.
- Destructivos: Ocurren por meteorización química. Los factores que intervienen son la humedad y la susceptibilidad de los minerales presentes. La meteorización química aumenta la susceptibilidad a la erosión física.

2.4. PROCESOS BIOLÓGICOS

Normalmente las costas son sitios de intensa actividad biológica. Los procesos biológicos pueden separarse en dos tipos:

- Los que involucran el crecimiento y desarrollo de comunidades
- Los que tienen que ver con las actividades de organismos sobre las costas

Organismos constructores:

Los arrecifes de coral son el ejemplo más importante, ya que son responsables de la morfología primaria de las costas donde ocurren. Otros organismos que pueden construir arrecifes o costas son: hierbas, manglares, ostras, gusanos y algunos gasterópodos o moluscos.

Organismos que cambian la costa:

Las actividades de organismos pueden modificar las costas por los siguientes procesos:

- Producción de sedimentos: Gran variedad de organismos producen material esquelético que contribuye al sedimento costero.
- Rotura de sedimentos: Muchos organismos rompen conchas y restos esqueléticos en búsqueda de alimento.
- Erosión de sustratos rocosos: Erizos, chitones, algunos gasterópodos y esponjas debilitan la roca y la hacen más susceptible a la erosión
- Pelletización de sedimento fino: Los animales pueden ingerir considerable cantidad de sedimento fino que luego de la digestión se aglomera en pellets³ fecales.

³ Pelletización es el proceso por el que una mezcla orgánica forma grumos



Fig. 9 Erosión de los sustratos rocosos y producción de sedimentos biológicos en la playa Los Cóbano



Fig. 10 Playa Los Cóbano, sustrato rocoso de producto eruptivo y arrecifes coralinos

2.5. PROCESOS ANTROPOGÉNICOS



Fig. 11 Construcción de puerto de Acajutla, generación de modificación antropogénica de los procesos litorales.

- Directos: Construcción o dragado
- Indirectos: Cambios ambientales que influyen en aportes de sedimentos, escorrentía o clima como desarrollo urbano de las costas, construcción de represas, deforestación, desechos agrícolas, destrucción de dunas, relleno de playas, minería y desvío de corrientes o canales.

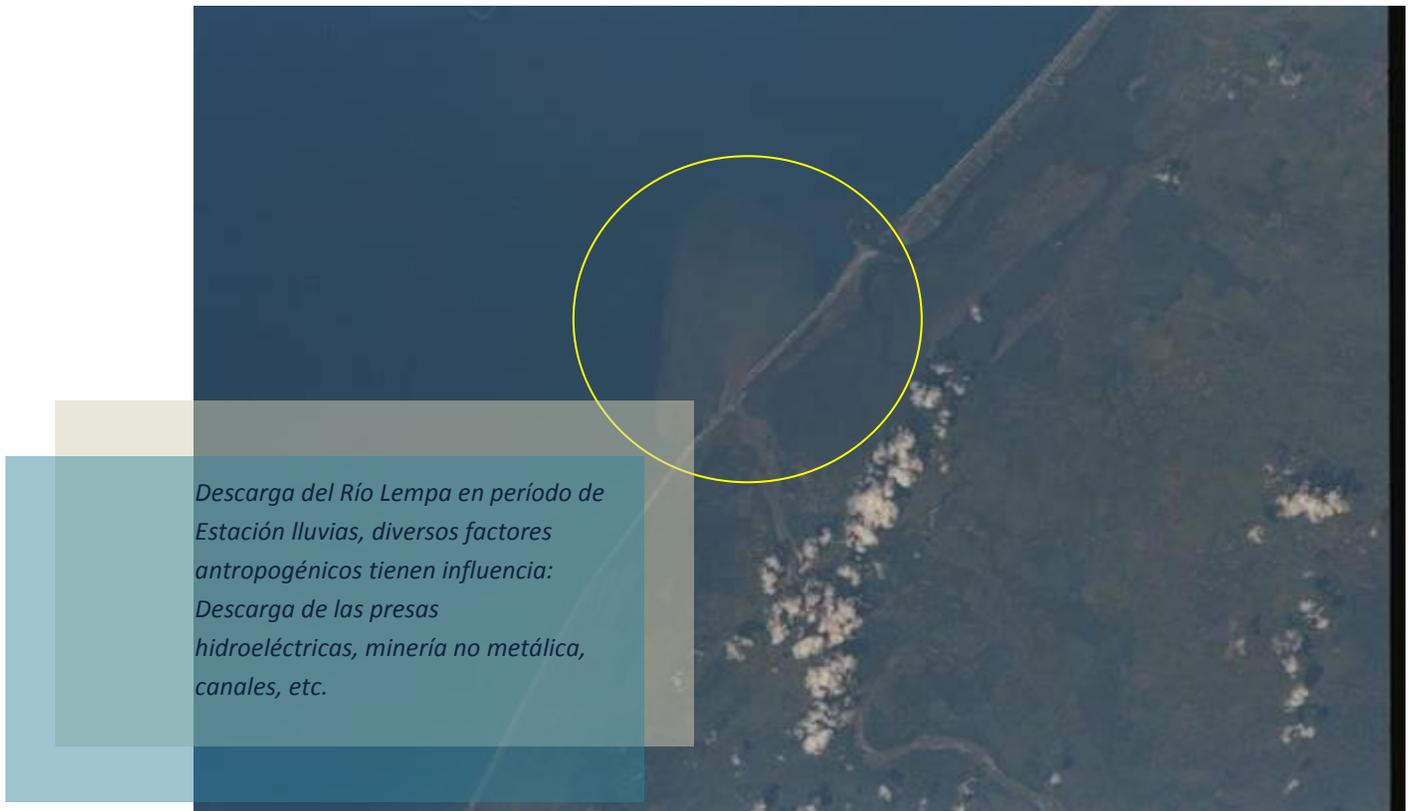


Fig. 12 Vista aérea de la desembocadura del Río Lempa, nótese la descarga de sedimentos que puede observarse a 391 km de altitud, La distancia de alcance máximo de la pluma es de 17 km. Foto: The Gateway to Astronaut Photography of Earth.

Adaptado de Documentación de la cátedra de Geología Marina Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.