

## ANTECEDENTES

La investigación costera como tal se inició en el siglo XIX con algunas publicaciones de Darwin sobre islas barreras y arrecifes y otras publicaciones sobre costas rocosas de Inglaterra. Los primeros esfuerzos sistemáticos de estudios de costas los realizaron geomorfólogos, quienes hicieron mapas, clasificaciones y reportes de rasgos costeros.

Durante la segunda guerra mundial hubo gran desarrollo de los estudios costeros, dada la importancia militar de estas zonas para desembarque de tropas. En la actualidad no es suficiente observar y describir los rasgos costeros. Es importante el origen y el desarrollo de estos rasgos, lo cual requiere del estudio de los procesos que interactúan en la costa.

La línea de costa cambia, no sólo en siglos o décadas sino también en cuestión de horas o minutos. Los cambios en las formas obedecen a los procesos costeros que ocurren en una costa. La evolución litoral tiende a hacer que las formas iniciales o primarias pasen a categorías más maduras o secundarias, adaptadas a las fuerzas marinas, en una constante búsqueda de equilibrio.

El equilibrio en una costa involucra la llegada de energía de diversas formas como la eólica y la generada por el oleaje, los procesos de transporte de sedimentos y la morfología costera. La función de una geoforma<sup>1</sup> costera es disipar energía. Únicamente ocurrirán cambios en la forma de la costa cuando ocurra un cambio en la energía que llega. Como resultado de la intensa energía que llega a una costa, se ponen en movimiento procesos de transporte de sedimentos, que a su vez, causan cambios morfológicos. Estos cambios continuarán hasta que se produzca una forma en la cual se disipe energía sin transporte de sedimentos. Este es el estado de equilibrio dinámico.

## CARACTERISTICAS GEOMORFOLÓGICAS Y ESTRUCTURALES DE ZONA COSTERA MARINA

La zona costera es una franja de amplitud indefinida donde la tierra limita con el agua. El término **zona costera** es amplio e incluye toda la franja donde ocurren procesos de interacción entre mar y tierra. Se extiende desde las planicies costeras hasta el quiebre de la plataforma continental y es aproximadamente equivalente a la región que ha sido inundada y expuesta durante las fluctuaciones en el nivel del mar del Cuaternario<sup>2</sup>.

El término costa (shore) está más limitado a la acción del agua. Comprende desde la zona de máxima acción del oleaje en tierra, que es el límite de tormentas conocido como línea de costa, hasta el nivel medio de marea baja. Hacia el mar continúa la zona conocida como cara de la costa (shoreface o nearshore) que va desde el nivel medio de marea baja hasta la profundidad donde las olas "sienten el fondo".

---

<sup>1</sup> **Geoforma:** Formas definidas exclusivamente sobre la base de sus rasgos topográficos. Superficies depositacionales o erosionales reconocidas por sus características topográficas.

<sup>2</sup> **Cuaternario:** Período geológico que se inicia a los 1,8 M a AP y comprende el Pleistoceno y el Holoceno.



Fotografía 1. Vista de la costa salvadoreña, pueden apreciarse los diferentes elementos que la componen. Fotografía de página Web [www.Skyscrapercity.com](http://www.Skyscrapercity.com)

Existen varias clasificaciones de las costas debido a los numerosos factores que se combinan para configurarlas. Hay clasificaciones basadas en:

- Variaciones del nivel del mar (sumergidas y emergidas)
- Control estructural (escarpadas y bajas)
- Tectónica de placas (de borde delantero de placas, de borde trasero y de mares marginales)
- Procesos costeros (de tormenta y de olas)
- Combinación de factores (costas primarias y secundarias)

## GEOFORMAS COSTERAS

### 1. COSTAS ROCOSAS

El 75% de las costas del mundo son de este tipo. Son costas dominadas por procesos erosivos cuyo desarrollo está dado por las características tectónicas y geológicas, así como el clima de olas del mar adyacente. Los diferentes tipos de roca, configuraciones estructurales y climas de oleaje hacen que las costas rocosas sean variables, hay empinadas y suaves, irregulares y regulares, estables e inestables.

La secuencia de eventos de evolución de una costa rocosa comienza con una costa que incluye salientes y bahías. A medida que las olas atacan la costa, las salientes<sup>3</sup> son erosionadas produciendo acantilados y plataformas costeras. Los acantilados están

---

<sup>3</sup> Masas de roca que sobresalen en la costa y que son moldeados a través del tiempo por la acción del mar

sujetos a erosión diferencial y se forman cavernas, arcos, peñascos (stacks). También se pueden acumular playas de bolsillo<sup>4</sup> entre las salientes producto del transporte de sedimentos a lo largo de la costa.



**Fotografía 2.** Costas rocosas, nótese la existencia de peñascos salientes y de la acción del mar. Fotografía de página [www.skyscrapercity.com](http://www.skyscrapercity.com)



**Fotografía 3.** Costas rocosas, nótese la existencia de peñascos salientes y de la acción del mar. Fotografía de Arturo Treminio [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

---

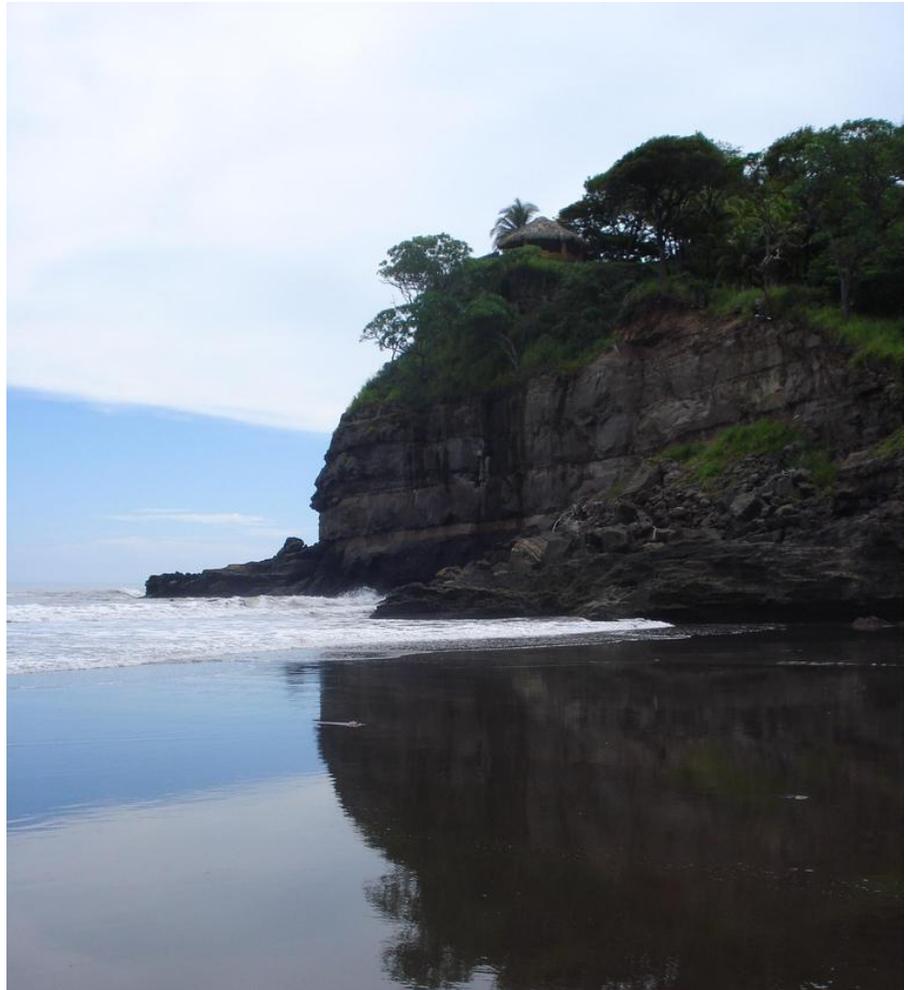
<sup>4</sup> **Playa de bolsillo:** Playa pequeña desarrollada entre salientes rocosos o entre espigones.

A continuación se analizan las diferentes geoformas de las playas rocosas:

### 1.1. ACANTILADOS Y RISCOS

Los acantilados pueden formarse por tres procesos diferentes:

- Erupciones volcánicas y levantamientos asociados con vulcanismo
- Actividad tectónica que produce movimientos verticales en bloques y
- Actividad erosiva en costas montañosas



**Fotografía 4.** Acantilado. Fotografía de Celina Morales [www.skyscrapercity.com](http://www.skyscrapercity.com)

Probablemente, la variable más importante asociada con las costas acantiladas es su geología: litología, estratigrafía y estructuras.

La pendiente de un acantilado es generalmente más empinada en rocas resistentes y homogéneas y en zonas donde hay alta energía de oleaje. Si los procesos de

meteorización son importantes y las olas pequeñas, el acantilado tiende a ser menos vertical.



Fotografía 5. Playas de bolsillo, playa Las Flores y playa El Cuco. Fotografía de Mauricio Álvarez.

## 1.2. PLATAFORMAS, BANCOS Y TERRAZAS COSTERAS



Fotografía 6. Terraza de abrasión, playa Las Tunas. Fotografía de pagina Web Aventura Cuscatleca

Las plataformas costeras son costas rocosas que tienden a tener superficies planas horizontales, atribuidas a la acción de las olas rompiendo sobre la costa por largos períodos de tiempo. Hay dos tipos de plataformas: las horizontales y las levemente inclinadas ( $5^{\circ}$  -  $30^{\circ}$ ). El ancho es variable, pero generalmente se encuentran en la zona intermareal<sup>5</sup>.

Las costas rocosas en áreas de actividad tectónica o donde el nivel del mar ha estado por encima del actual, pueden mostrar terrazas que varían en tamaño y elevación. Estas terrazas son antiguas plataformas que se han elevado. Cuando ocurre el fenómeno contrario y se han hundido, se cubren de sedimentos y muchas veces son difíciles de detectar.

### 1.3. REMANENTES EROSIONALES



**Fotografía 7. Remanentes erosionales en playa El Cuco. Fotografía de Leonardo Díaz**

Los arcos, islotes, peñascos (stacks) y otros remanentes, son rasgos erosionales asociados con el retroceso de las costas rocosas. Resultan de una combinación de la distribución de energía del oleaje sobre rocas con diferente resistencia a la erosión. Un islote o peñascos se origina por una roca resistente que permanece después que todo el material que la rodeaba, menos resistente, ha sido erosionado. Las cavernas son otro rasgo erosivo que se forma cuando hay debilidad localizada en un acantilado.

### 2. COSTAS ARENOSAS

Las costas arenosas son típicas de ambientes depositacionales.

---

<sup>5</sup> **Intermareal:** Zona comprendida entre los niveles de pleamar y bajamar de sicigias.



Fotografía 8. La Puntilla, Isla de Tasajera ejemplo de playa arenosa de ambiente depositacionales. Fotografía de Mauricio Álvarez.

## 2.1. ISLAS BARRERA



Fotografía 9. Bahía de Jiquilisco. Fotografía de Google

Conforman del 12 al 15% de las costas del mundo, pero tienden a ser las zonas más costosas y desarrolladas. Las islas barreras son de diferentes tamaños, formas y orígenes. En general, son acumulaciones elongadas de arena que varían entre uno y cientos de kilómetros de longitud. Algunas sobresalen difícilmente de marea alta y otras pueden tener dunas que se elevan decenas de metros.

Generalmente las islas barreras son paralelas a la costa, pero están separadas del continente por una laguna o pantano. El término barrera identifica a las dorsales de arena que protegen partes de la costa del ataque directo de las olas de mar abierto. La barrera es una estructura global que puede llamarse el complejo de barrera y que incluye la playa, las características costeras sumergidas, los sedimentos subyacentes y la laguna entre la barra y el continente, así como los canales de estas lagunas (inlets).

Se han identificado 3 clases generales de estructura de barrera:

- 1. Barras de bahía:** conectadas a las salientes de una barrera y encerrando una bahía o pantano.
- 2. Espigas:** Unidas a una fuente de sedimento y creciendo hacia la deriva litoral. Pueden convertirse en islas barrera si una tormenta corta un canal a través de ellas.
- 3. Islas barrera:** Islas lineales que no están unidas a tierra pero que encierran una bahía, pozo o pantano. Pueden formar una cadena barrera.

Las islas barreras pueden ocurrir en cualquier ambiente geológico y tectónico si hay sedimento disponible, procesos que permitan su acumulación y un lugar para que se depositen. Es por esto que son más predominantes en costas estables y mares marginales, aunque también se dan en algunas costas de colisión.

En costas tectónicamente activas es muy difícil que se den barreras ya que, aunque hubiera sedimentos disponibles, estas costas tienden a tener fuerte energía que los remueve y hay muy poco lugar para su formación, porque son costas empinadas.

Por tanto, en estas costas las únicas barreras que se forman son espigas (o flechas) de aproximadamente 1 km de longitud y pueden llegar a ser comunes.

## **2.2. PLAYAS**

Las playas son de las geoformas costeras más importantes y ampliamente distribuidas. Son importantes como protección costera y como fuente de recreación y economía. Cada playa según su localización, responde a condiciones geológicas y procesos físicos únicos.

Una playa está definida como una acumulación de sedimentos no consolidados en el borde de un cuerpo de agua, con inclinación hacia el agua. El límite hacia tierra está marcado por un cambio abrupto en la pendiente donde comienza otra característica geomorfológica como dunas o acantilados.



**Fotografía 10. Ejemplo de playas en la costa salvadoreña, Bahía de Jiquilisco. Fotografía de la página web [www.Skyscrapercity.com](http://www.Skyscrapercity.com)**

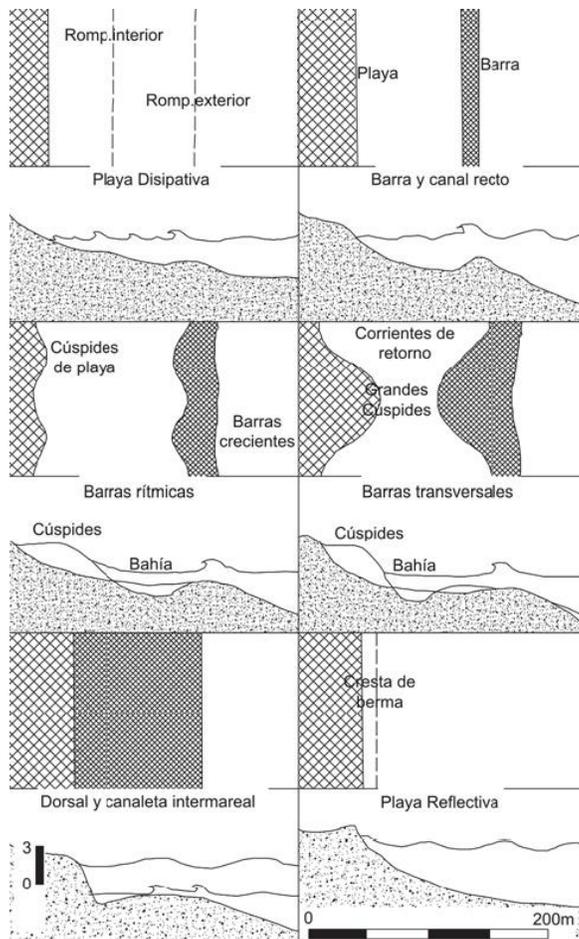
La longitud de las playas es muy variable. Desde metros (playas de bolsillo) hasta kilómetros. Depende de la pendiente del terreno, el clima de olas y la abundancia de sedimento. La playa es la parte de la costa que cambia más activamente y puede estar compuesta de cualquier tipo y tamaño de sedimentos (desde lodo hasta grandes bloques).

Las subdivisiones de las playas pueden variar de acuerdo con los autores. En general se destaca la subdivisión entre playa delantera (foreshore) y trasera (backshore):

-Playa delantera: Es una superficie más lisa que la playa trasera. Está inclinada hacia el mar y puede tener una barra pequeña y efímera llamada barra de lavado (swash bar o ridge and runnel).

Playa trasera: Es horizontal y de superficie rugosa (por la acción de vientos y animales). En períodos erosivos puede estar ausente. En algunas playas está constituida por una berma o escalón de tormenta (explicar al pie de página).

Prácticamente cualquier material que pueda ser transportado por olas puede formar playas. Las playas de arena son las más comunes, principalmente de cuarzo. Puede haber otros minerales como feldespato, micas o fragmentos de roca. El contenido de material biogénico en las arenas de una playa comparadas con el material proveniente de tierra adentro, varía de acuerdo con la velocidad de producción orgánica y la cantidad de material terrígeno que llega.



Un perfil de playa está controlado por las variaciones en las olas, las variaciones en los sedimentos y la interacción entre estos, lo que da lugar a los procesos de transporte.

Existen geoformas menores en las playas como las denominadas formas rítmicas y las estructuras sedimentarias:

**Formas rítmicas:**

- Cúspides de playa
- Barras crecientes
- Barras transversales

**Estructuras sedimentarias:**

- Marcas de lavado
- Marcas en forma de V
- Marcas romboidales
- Rizaduras de reflujos
- Marcas de escurrimiento
- Laminaciones

Figura 1: Modelos teóricos de playa analizados por Wright y Short (1984).

**2.3. DUNAS**

Las dunas de arena son características comunes a lo largo de las costas arenosas en todo el mundo. Las únicas zonas costeras carentes de dunas se localizan en el Ártico y Antártico. Las dunas costeras se diferencian de las demás geoformas costeras en que se forman por aire y no por agua. También, son diferentes de otras dunas (de desierto) porque aunque el proceso básico es el mismo, tienen una morfología diferente. El factor crucial que controla la formación de dunas es el suministro de sedimentos ya que, prácticamente, no hay costas sin viento pero sí sin sedimentos. Los campos de dunas costeros pueden extenderse hasta 10 km. La altura de la duna puede ser de 1-2 hasta 20-30 metros. Usualmente, presentan pendientes empinadas en dirección del viento y más suaves al lado contrario, a diferencia de las dunas de desierto. Sus crestas son planas a ondulantes.

Entre las condiciones necesarias para la formación de dunas se mencionan: climas secos, vientos fuertes hacia la costa, abundante aporte de arena y cubrimiento de vegetación.

La arena de la playa que levanta el viento puede ser detenida por un obstáculo (rocas, vegetación, construcciones u otras dunas). La velocidad del viento cambia en los

alrededores del obstáculo, especialmente la parte trasera, donde comienza a depositarse la arena formando una dorsal<sup>6</sup> paralela al viento.

Cuando la duna tapa el obstáculo cesa la depositación de arena ya que la velocidad del viento no es afectada. Para que la duna siga creciendo es necesario mantener el obstáculo, este es el papel de la vegetación que crece a medida que crece la duna.

La configuración típica de las dunas en la costa es en cordones. El primer cordón se conoce como dunas delanteras (foredune). Las dunas sirven para múltiples propósitos tales como: recreación, hábitat de varias especies y protección costera, pero quizás la función más importante es la de ser fuentes y reserva de arena en la costa. Aunque las dunas son comunes, son recursos finitos y necesitan ser protegidas y preservadas. Las dunas son la mejor protección contra tormentas severas.



**Fotografía 11. Dunas delanteras fotografía de Caroline Naef**

En casos de Incrementos en el nivel del mar, las dunas pueden quedar expuestas al impacto de las olas. La arena es fácilmente removida, llevada hacia el mar o a lo largo de la costa. Las dunas también pueden migrar a veces grandes distancias.

Clasificación de las dunas:

- Dunas delanteras: directamente sobre la playa.
- Dunas parabólicas: arqueadas con el lado cóncavo hacia la playa
- Dunas Barchan: en forma de cuernos con los extremos hacia la dirección del viento.
- Dorsales de dunas transversales: paralelas u oblicuas a los vientos dominantes.
- Dunas longitudinales: paralelas al viento y simétricas.
- Dunas reventadas (blowouts): hoyos o canales que cortan las dunas cuando es dañada la vegetación.
- Dunas sujetas (en Colombia se conocen como rodaderos): se acumulan sobre obstáculos como rocas.

#### **2.4. PROMONTORIOS TRIANGULARES Y TÓMBOLOS**

Son rasgos depositacionales en los que la playa forma una proyección de forma triangular desde la costa. Su tamaño es muy variable, desde 500 metros hasta 200

---

<sup>6</sup> **Dorsal ( en este caso): cordillera de arena, generada por la dirección y velocidad del viento**

kilómetros. Se forman por la acumulación de arena en la sombra de las olas de una isla o un bajo. La sombra de olas es formada por la refracción alrededor del obstáculo que interrumpe el transporte de sedimento, favoreciendo la depositación. Los tómbolos se caracterizan porque el obstáculo es siempre una isla emergida y el depósito de sedimento crea una unión entre la isla y la costa.

### 3. DELTAS



**Fotografía 12. Delta del Lempa. Tomado del libro Rio Lempa, Caudal de Vida**

La mayoría de arenas y lodos que están en la zona costera llegaron allí por el sistema de ríos. Los sedimentos que llegan al mar pueden ser llevados directamente a aguas profundas o a lo largo de la costa o bien pueden acumularse en la boca del río en la forma de un delta. El primer requerimiento para la formación de un delta es un aporte de sedimentos en exceso del que es removido y redistribuido por olas y corrientes.

Los lugares caracterizados por olas grandes y/o fuertes corrientes mareales requerirán mayor cantidad de sedimentos que lugares con olas y mareas menores. Otra variable importante es la fisiografía de la margen continental adyacente a la costa (debe haber espacio para que el delta pueda localizarse), por tanto la tectónica y el marco geológico es muy importante en el desarrollo de deltas.



**Figura 13. Desembocadura del Río Lempa, Delta dominado por Olas. Fotografía de Google**

Los deltas actuales son relativamente jóvenes en términos geológicos. Comúnmente un delta consiste de un canal principal que se divide en varios distributarios que trasladan la descarga de agua y sedimento. De esta manera el delta incluye varios ambientes como: subaéreo, intermareal y subacuoso y condiciones como agua dulce, salobre<sup>7</sup> y marina..

El delta puede dividirse en 3 partes principales:

- **Plano deltaico:** Influenciado, principalmente, por el río y sus procesos. Está conformado de canales y sus depósitos. Están presentes todos los elementos de un río meándrico<sup>8</sup>: barras puntuales formadas por la migración de canales, cicatrices de canales abandonados, diques naturales, rompimiento de diques, planicies de inundación, etc.
- **Frente del delta:** Porción submareal<sup>9</sup> afectada por procesos costeros, especialmente olas. El sedimento llega por los canales distributarios como carga de

<sup>7</sup> **Salobre:** mezcla de agua dulce y marina

<sup>8</sup> **La sinuosidad de un río es el índice que representa cuanto el trazado del río se aparta de una línea recta. Se mide por la relación entre la distancia que separa dos puntos a lo largo de la parte más profunda del cauce y la distancia en línea recta entre ellos. Un cauce en línea recta tiene una sinuosidad de 1.0, mientras que se describen los ríos como meándricos cuando la sinuosidad es mayor de 1.5.**

<sup>9</sup> **Submareal:** Zona ubicada por debajo de los niveles de bajamar de sicigia.

fondo y en suspensión. La carga de fondo, de material más grueso, tiende a depositarse cerca de la boca del delta. Se forman comúnmente barras de boca de distributario que hacen que el canal se bifurque. Las corrientes costeras llevan arena fuera de la boca y la distribuyen a lo largo de la zona exterior del delta, formando un sistema de frente deltaico prácticamente continuo.

- **Prodelta:** Es la porción sumergida y puede extenderse en toda la plataforma superior. Las formas deltaicas incluyen entonces rasgos como: canales distributarios, barras de boca de canal, bahías interdistributarias, plataformas mareales, dorsales mareales, playas, dunas y campos de dunas, pantanos y marismas.

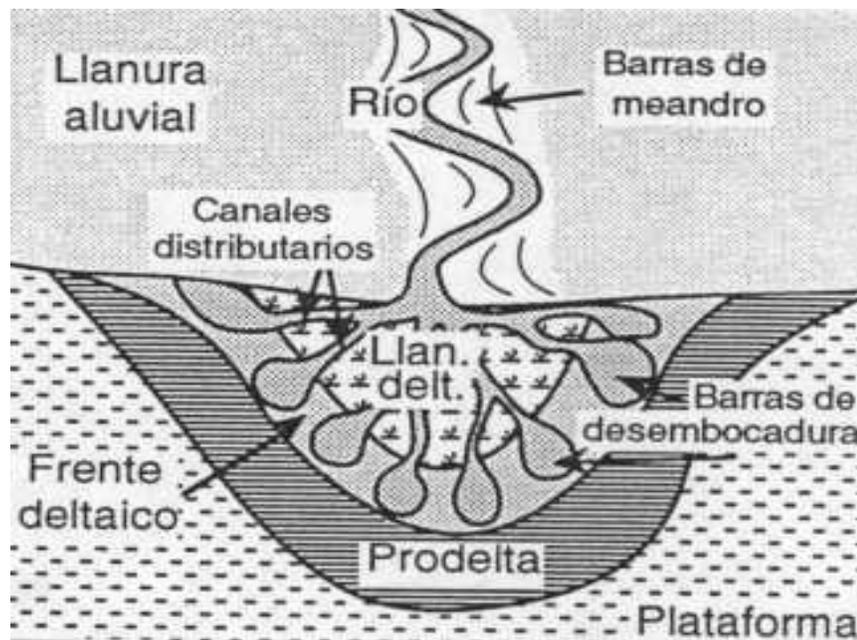


Figura 2: Diagrama de un delta. Principales componentes morfológicos y sedimentarios comunes a todos los deltas.

A partir de los procesos que dominan los deltas se ha establecido una clasificación en:

- Deltas dominados por procesos fluviales
- Deltas dominados por mareas
- Deltas dominados por olas
- Deltas mixtos.

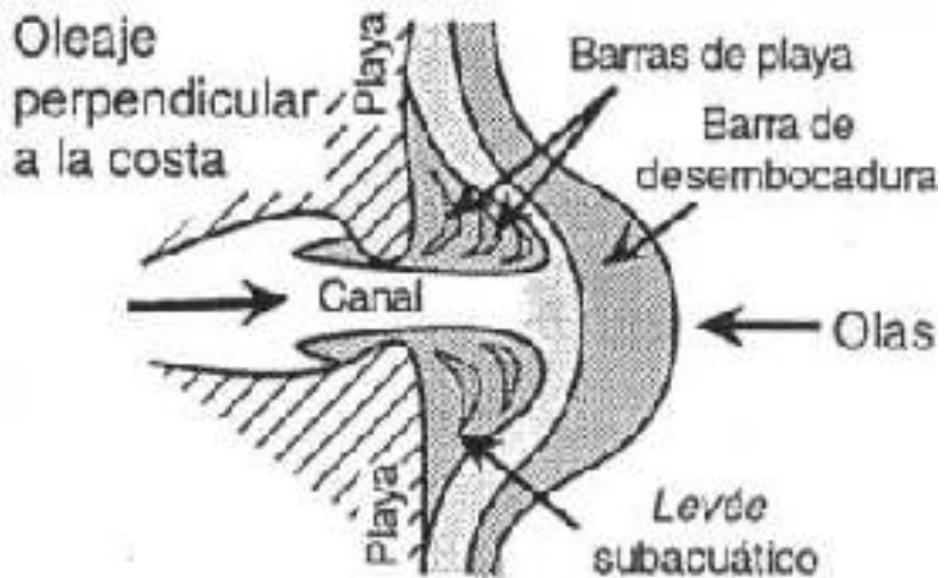


Figura 3: Delta dominado por olas. Ejemplo delta del Rio Lempa

#### 4. ESTUARIOS, PLATAFORMAS MAREALES, MARISMAS

##### 4.1. ESTUARIOS

Son cuerpos de agua costeros semicerrados que tienen una conexión libre con el mar y en los cuales el agua de mar es diluida con agua dulce derivada de drenaje continental. Se diferencian de los deltas en que son más parecidos a bahías, mientras que los deltas son protuberancias costeras.

La sedimentación en un estuario es resultado de la interacción de olas, mareas y fuerzas fluviales. Todos los estuarios pueden dividirse en tres zonas:

- Exterior: dominada por procesos marinos.
- Central: de baja energía. Las corrientes de olas y mareas se balancean con las fluviales.
- Interior: dominada por ríos. Fuera de la influencia de mareas.

Un estuario es un lugar de depositación de sedimentos y su hidrología está controlada por la mezcla de agua dulce y salada.

##### 4.2. PLATAFORMAS MAREALES (TIDAL FLATS O MUD FLATS)

Son zonas intermareales de acumulación de sedimentos sin vegetación, que generalmente bordean estuarios. Su ancho y extensión está asociado con el intervalo mareal y la morfología del estuario. Generalmente, los sedimentos son arenas, lodos o una combinación de ambos. Los sedimentos pueden tener origen marino, costero, fluvial o de retrabajamiento.

##### 4.3. MARISMAS (SALT MARSHES)

Esencialmente son plataformas mareales con vegetación. En muchos sistemas estuarinos de bajas latitudes como la nuestra, no existen marismas como tales, sino que

hay pantanos de manglar. La superficie de los marismas son más elevadas que las plataformas mareales y, por tanto, son inundados con menos frecuencia.

#### 4.4. PANTANOS DE MANGLAR

Son los equivalentes tropicales de los marismas. Hay cerca de 20 especies de mangle y las más comunes en el Caribe son el rojo, el blanco y el negro. Los pantanos de manglar tienen mucha más cantidad de materia orgánica que los marismas y los sedimentos deben describirse como turba más que como lodo. La red de canales en estos pantanos está separada por raíces de mangle más que por acumulación de sedimentos. Las raíces facilitan la sedimentación y desarrollo del pantano.



Fotografía 14. Manglares en Estero de Jaltepeque. Fotografía de NEOSLV flickr.com

#### 5. COSTAS BIOLÓGICAS (FORMACIONES DE ALGAS Y ARRECIFES)

Son costas en las que los organismos y procesos biológicos son de importancia primordial para la conformación geomorfológica. Los factores físicos que afectan a los organismos son: oleaje, temperatura, salinidad, frecuencia de tormentas, penetración de la luz, sustrato, intervalo mareal y cantidades de sedimento y nutrientes disponibles.

Entre estos se destacan:

- La energía del oleaje que tiene influencia en el tipo de sustrato, la claridad, la descarga de nutrientes y el diseño y tipo de vida de los organismos.
- La temperatura, que puede restringir la existencia de organismos.

Los procesos biológicos en las costas son generalmente progradacionales: Los arrecifes producen sustratos duros y zonas someras. Otros muchos organismos como: moluscos, algas calcáreas, barnáculos, equinoides y gusanos producen gran cantidad de sedimentos.

Los arrecifes orgánicos se definen como estructuras construidas por organismos coloniales lo suficientemente fuertes para resistir el ataque de las olas. Los constructores típicos de arrecifes son los corales hermatípicos, algas coralinas y los hidrocorales.



Fotografía 15. Playa Los Cóbanos costa biológica (formación de arrecifes). Fotografía de Roddragon, [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

Los tipos más comunes de arrecifes son:

- De franja: bordean una masa de tierra, crecen a partir de ella y están conectados con ella.
- De barrera: están separados de tierra por una laguna.
- Atolones: arrecifes en forma ovalada que salen en aguas profundas y que rodean una laguna interior.
- Faros: arrecifes en forma de anillos, localizados sobre bancos o plataformas.
- Bancos: se elevan sobre el piso marino sin ningún borde específico.
- Parches: pequeñas masas que se elevan en las lagunas de arrecifes barrera o atolones.

Los arrecifes de corales y algas coralinas están confinados a los trópicos y aguas someras.

En el caso especial de la playa de Los Cóbanos la formación de arrecifes se da en parches, ya que se elevan son pequeñas masas que crecen sobre la plataforma.

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