



Lagunas Costeras y Estuarios: SEDIMENTOS

---

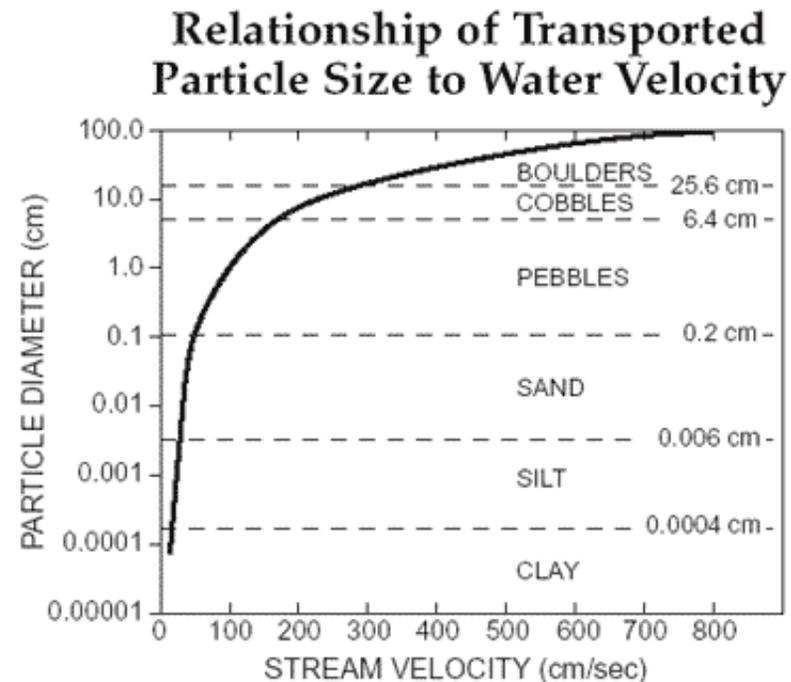
**Sedimento** – Material clástico o biogénico degradado por medio de los procesos de *desgaste* y/o *erosión* , que es transportado por diferentes mecanismos hasta algún sitio de depositación.



**Desgaste** – serie de procesos físicos o químicos que cambian las características de las rocas. Se reconoce como una fase previa a la erosión, en la cual las rocas, expuestas a las presiones de la hidrosfera o la atmosfera, sufren de cambios en su composición química o en su estado físico.

TAMAÑO (mm)	SEDIMENTO	ROCA	
256	bloque	roca rudítica conglomerado brecha	
64	canto		
4	guija		
2	gránulo		
1	arena muy gruesa	roca arenítica arenisca	
0.5 (u)	arena gruesa		
0.25 (u)	arena media		
0.125 (u)	arena fina		
0.0625 (uu)	arena muy fina		
0.0312 (uu)	limo grueso	limolita	roca lutítica
0.0156 (uu)	limo medio		
0.0078 (uus)	limo fino		
0.0039 (uus)	limo muy fino		
	arcilla	arcillita	

Fig. 1: Clasificación de los sedimentos según el tamaño.



\*This generalized graph shows the water velocity needed to maintain, but not start, movement. Variations occur due to differences in particle density and shape.

Cuando las rocas sufren desgaste, se desprenden partículas de sedimento que pueden ser clasificadas de acuerdo a su tamaño-

**Desgaste físico** – existen diferentes mecanismos de desgaste físico, en el cual, una roca original solo cambia en cuanto a su tamaño, creando piezas mas pequeñas. Los mecanismos principales del desgaste físico son:

- Acción de congelamiento y acuñamiento de hielo
- Abrasión
- Exfoliación

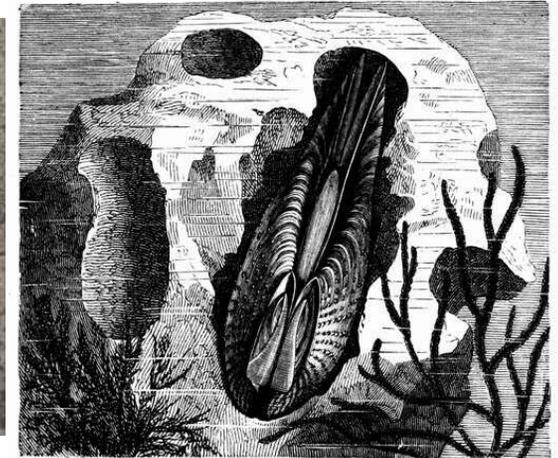


**Desgaste químico** - Ocurre cuando una roca se rompe por alguna reacción química que cambia la composición de esta. Entre las causas principales se encuentran el oxígeno, el agua de lluvia, el dióxido de carbono y los ácidos producidos por organismos en descomposición.

- Oxidación
- Hidratación
- Carbonatación



**Desgaste biológico** - Ocurre cuando una roca se rompe por la acción de algún organismo. Este tipo de desgaste puede ser físico (p. ej. raíces de un árbol) o químico, por la reacción de la rocas a algunos ácidos orgánicos u otro tipo de excreciones ( p. ej. moluscos).



Schale der Bohrmuschel. Natürliche Größe.



**Erosión** – Se refiere al transporte de roca, suelo y partículas minerales de un sitio a otro. A diferencia del desgaste, la erosión se refiere al elemento móvil de los materiales, siendo la fuerza principal de este proceso la gravedad en combinación con el viento y el agua.



**Deposición** – Después de la erosión, esta la deposición, que se refiere a el acumulamiento de sedimentos en una zona determinada por acción del viento o de las corrientes de agua. De esta forma, el relieve y la geometría costera están influenciados por estos dos procesos. En algún lugar hay erosión, pero en otro hay deposición.



**EROSIÓN**

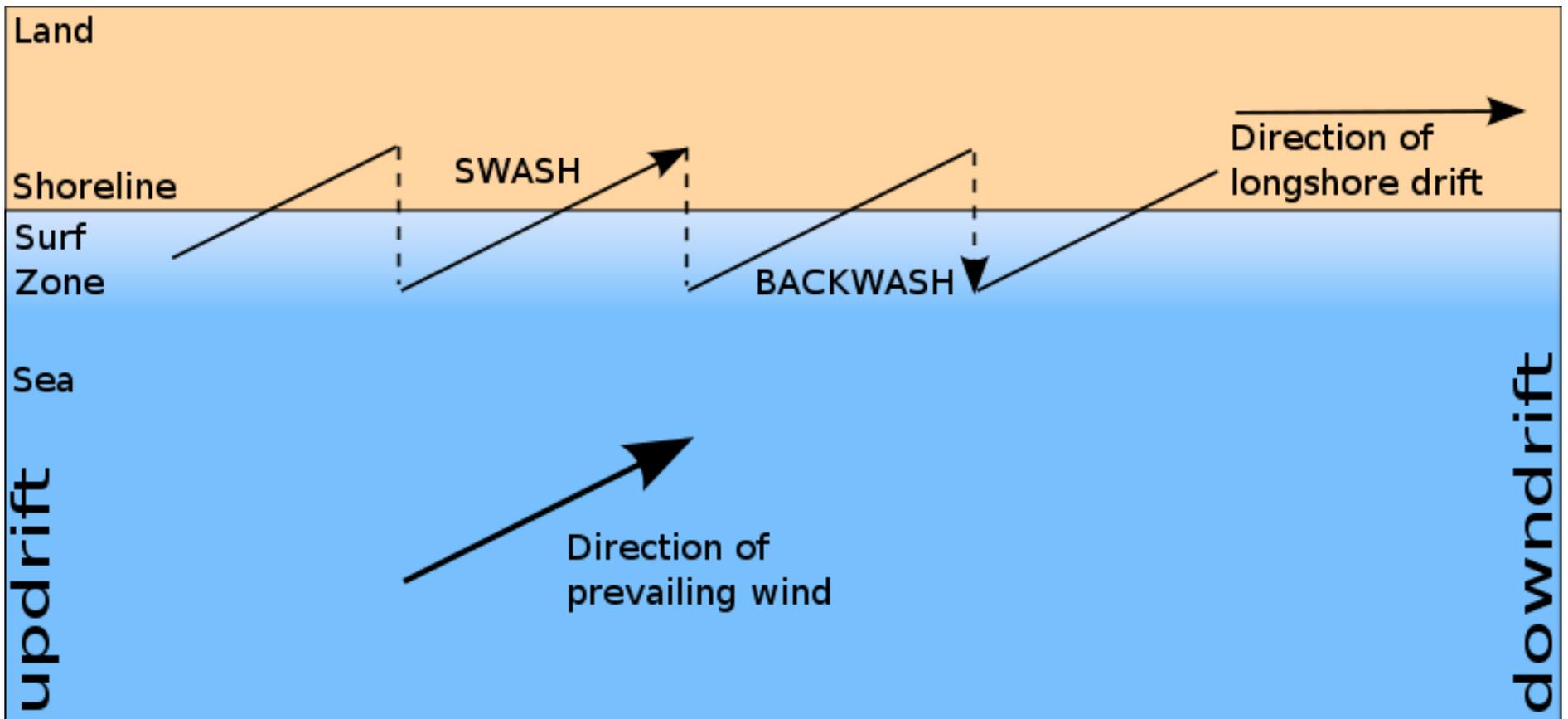
## Erosión y Depositación



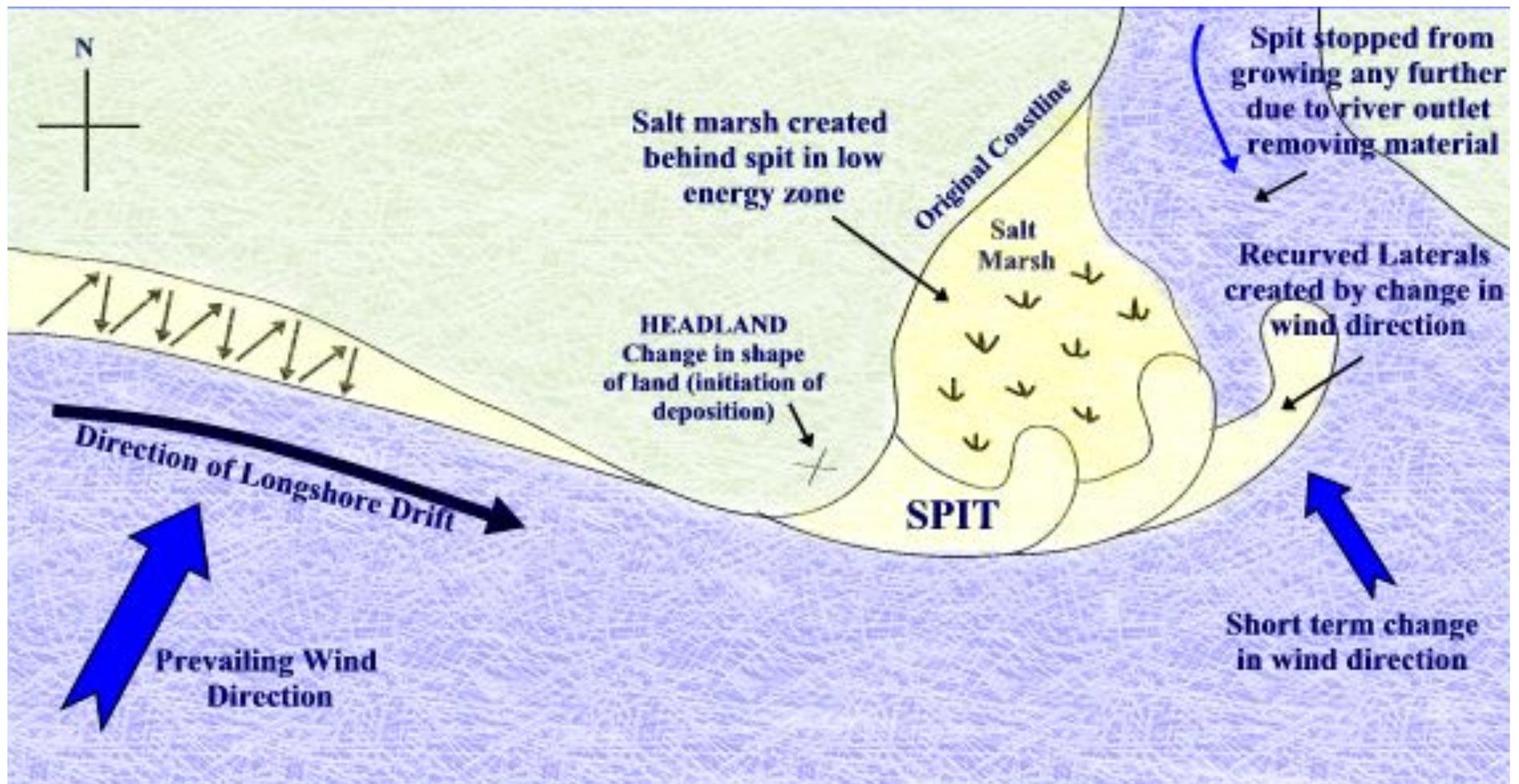
EROSIÓN



**Deriva costera de sedimentos** – Este proceso se refiere al movimiento de los sedimentos a lo largo de la línea de costa. Se lleva a cabo debido al oleaje, el cual incide en un ángulo determinado sobre la playa, recogiendo sedimento de fondo y de esta forma transportándolo en este mismo ángulo y dirección. Una vez que la carga de sedimento se libera, la ola se retrae de manera perpendicular a la playa.



Debido a este proceso de transporte de sedimentos, el relieve costero puede sufrir de modificaciones, y se pueden originar diversos tipos de ambientes. Uno de estos son los **bancos de arena**. Los cuales son creados cuando la deriva costera de sedimentos depositan el material en un extremo o punta de la línea de costa, formando una barra arenosa adjunta a la playa.



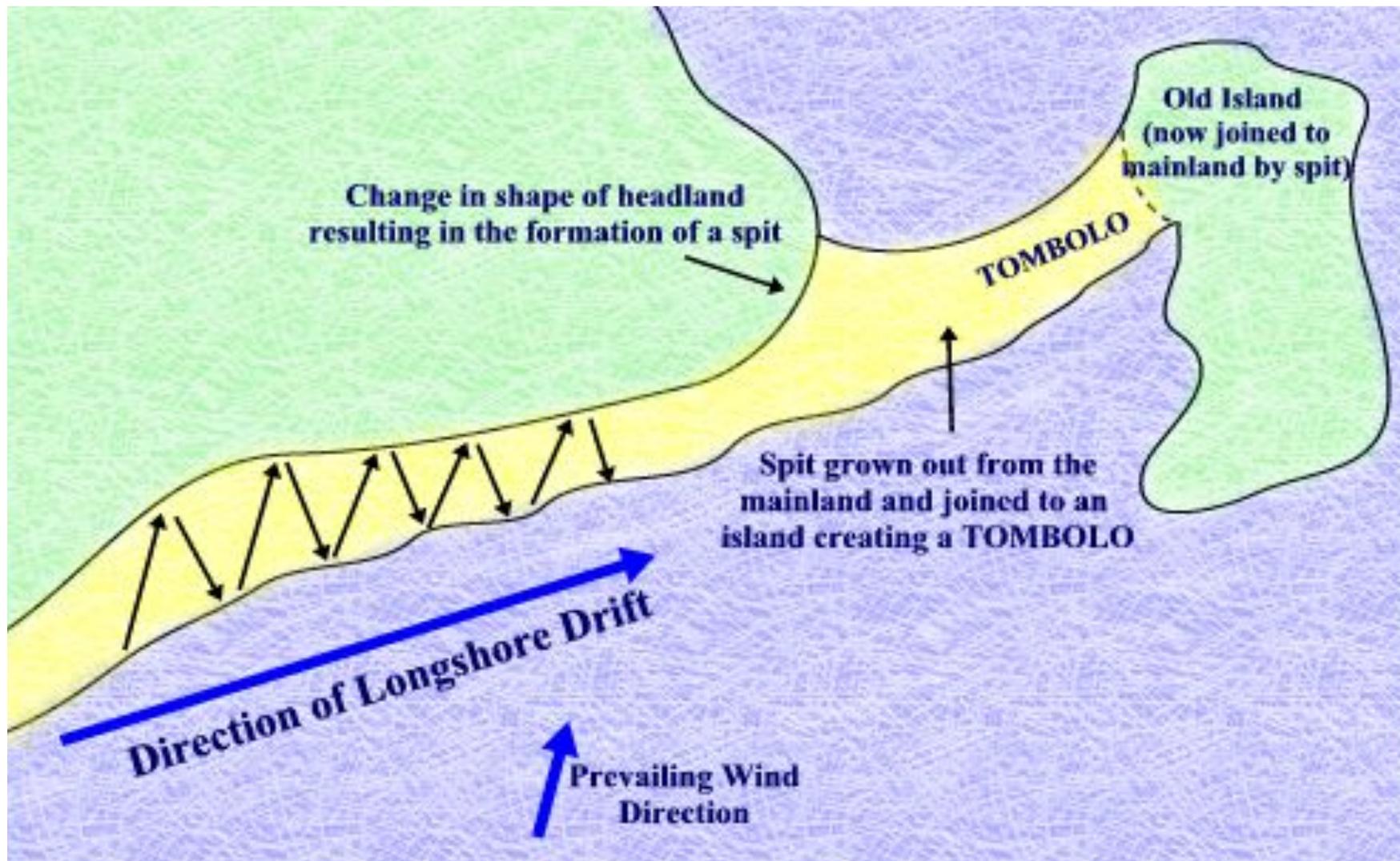
Los bancos de arena pueden estabilizarse al paso de tiempo por la presencia de vegetación y formación de marismas. Otra característica de estos es la forma curva que adoptan debido a la acción del oleaje.



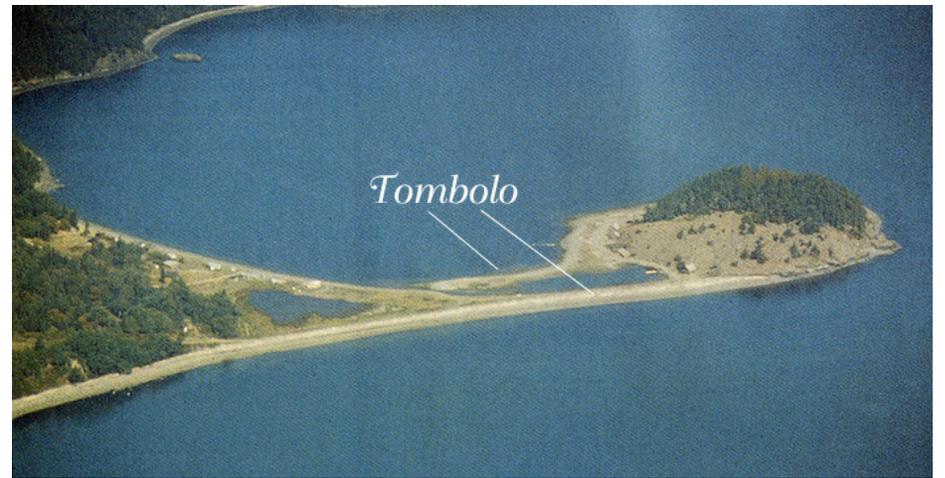
Los bancos de arena pueden estabilizarse al paso de tiempo por la presencia de vegetación y formación de marismas. Otra característica de estos es la forma curva que adoptan debido a la acción del oleaje.



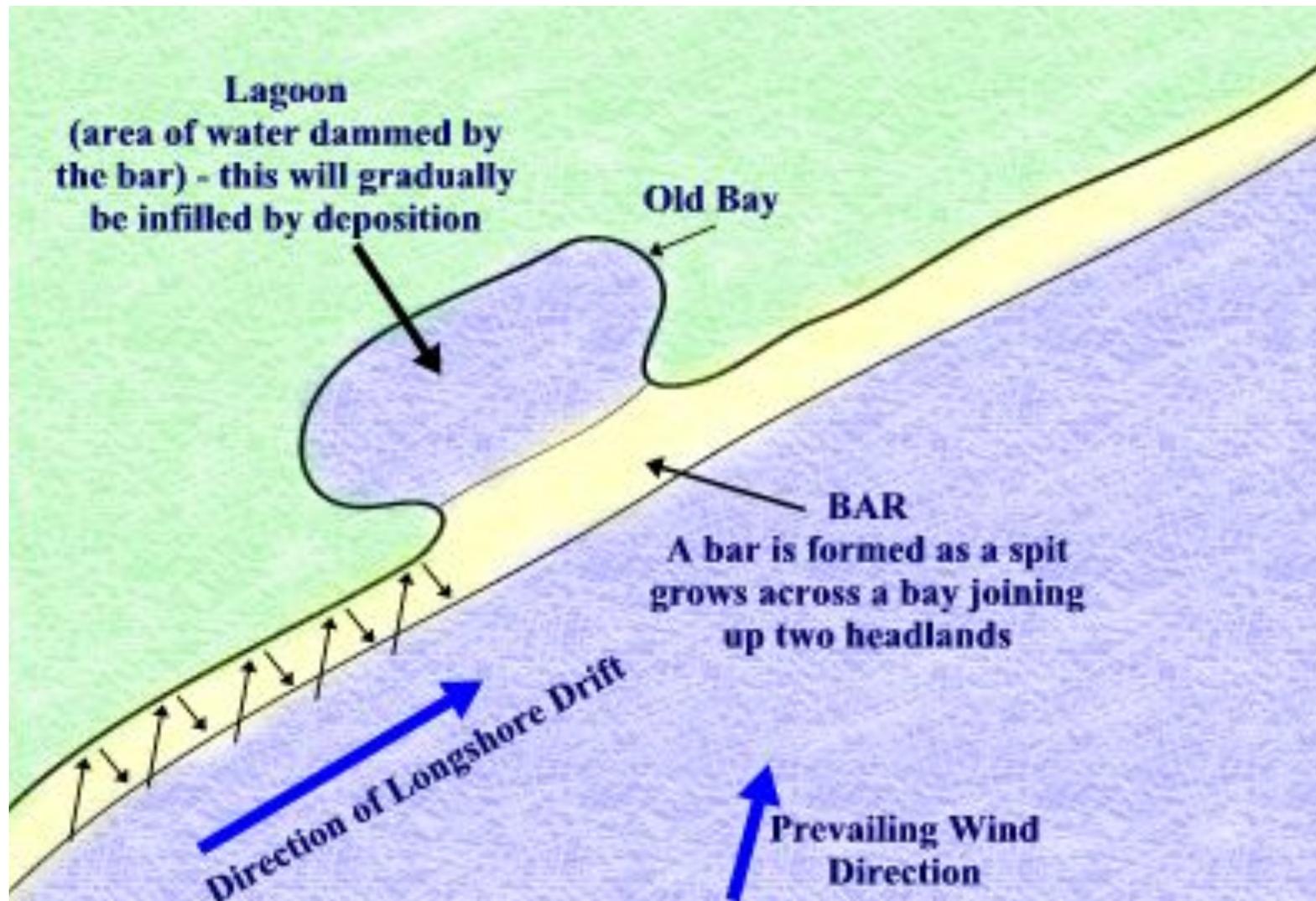
Otro tipo de formación costera formada por el proceso de depositación y deriva costera de los sedimentos son los tómbolos. Estas formaciones se forman cuando los sedimentos acumulados unen a la playa con una isla que se encuentra fuera de la línea de costa.



# Tómbolo



Las lagunas costeras, se encuentran separadas del agua marina (al menos parcialmente) por barras generadas a partir de acumulación sedimentaria. Pero es importante resaltar que las barra de una laguna puede formarse



Existen otros tipos de formaciones causadas por los procesos de erosión y acumulación. Entre estos están: las dunas de arena, acantilados, cuevas, arcos, montículos, entre otros.



Existen otros tipos de formaciones causadas por los procesos de erosión y acumulación. Entre estos están: las dunas de arena, acantilados, cuevas, arcos, montículos, entre otros.



Existen otros tipos de formaciones causadas por los procesos de erosión y acumulación. Entre estos están: las dunas de arena, acantilados, cuevas, arcos, montículos, entre otros.



Existen otros tipos de formaciones causadas por los procesos de erosión y acumulación. Entre estos están: las dunas de arena, acantilados, cuevas, arcos, montículos, entre otros.



Existen otros tipos de formaciones causadas por los procesos de erosión y acumulación. Entre estos están: las dunas de arena, acantilados, cuevas, arcos, montículos, entre otros.





Procesos de  
Sedimentación en los  
estuarios y lagunas  
costeras.

Las características sedimentológicas de los estuarios y lagunas costeras son el resultado de la combinación de materia proveniente de ríos y represas (procesos fluviales) y sistemas marinos costeros abiertos.



Los estuarios y lagunas costeras son sistemas donde se importa material de ríos y mares, donde se lleva a cabo la transformación de estos materiales y donde se da una exportación de los mismos hacia el mar y la atmosfera



Dentro de estos sistemas, los principales agentes físicos que determinan el movimiento de sedimentos al interior:

- Mareas
- Oleaje
- Flujo de las aguas



Las **mareas** son determinantes en el movimiento de los sedimentos. A su vez, el rango de marea es una buena medida para determinar el rango de importancia de este proceso.

Durante periodos de tormenta el **oleaje** puede remover de los fondos una cantidad importante de sedimentos en la boca de los estuarios, los cuales pueden ser arrastrados hacia el interior de la laguna con las mareas de inundación.



El material fino tiende a moverse suspendido siguiendo el flujo de agua. La depositación suele ocurrir durante los periodos de poco movimiento o flujo. Por su parte, el material grueso se mueve sobre el lecho marino afectado por las corrientes máximas.

Es posible determinar y cuantificar, del presupuesto total de sedimentos, la importancia relativa de las diferentes fuentes de material. A partir de esta información es posible establecer planes a corto, mediano y largo plazo para el manejo de los recursos de una zona determinada.

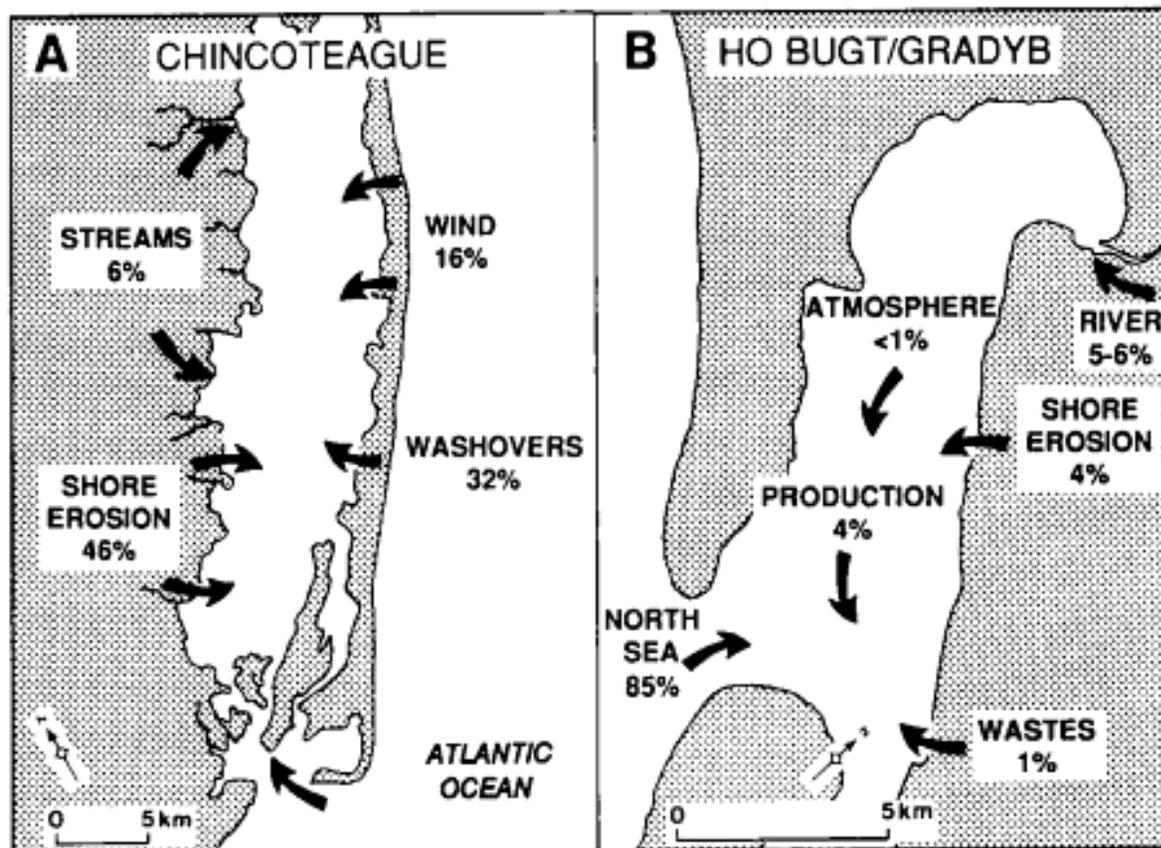


Fig. 7.4. A. Sources of sediment to Chincoteague, Virginia, U.S.A. with input quantified in percent; data from Bartberger (1976). B. Sources of sediment to the Ho Bugt/Gradyb, Denmark tidal area. Data quantified in percent; data from Bartholdy and Madsen (1985).

Sin embargo, los sistemas lagunares estuarinos pueden poseer características muy específicas, debido a condiciones locales. En la siguiente tabla, algunos ejemplos de las diferentes fuentes sedimentarias.

TABLE 7.1

Summary of lagoonal sediment sources and associated input pathways with selected examples and literature reference

Source/Pathway	Lagoon example	Reference
<b>1. External Sources</b>		
Fluvial, rivers and streams	Atchafalaya, LA, USA Lagos-Lekki, Nigeria	Van Heerden and Roberts (1988) Allen (1965)
Marine, via entrances from nearshore or shelf	Wadden Sea, Netherlands Ho Bugt/Gradyb, Denmark Great Sound, NJ, USA	Van Straaten and Kuenen (1957) Bartholdy and Madsen (1985) Kelley (1980)
Shores, cliff and bank erosion	Pamlico Sound, NC, USA Galveston, TX, USA Chincoteague, MD/VA, USA	Wells and Kim (1989) Paine and Morton (1986) Bartberger (1976)
Barrier, via washovers, storm surge channels	Chincoteague, MD/VA, USA Laguna Madre, TX, USA Charlestown, RI, USA	Bartberger (1976) Dickinson (1971) Boothroyd et al. (1985)
Barrier, dunes, flats, eolian	Guerrero Negro, Mexico Laguna Madre,, TX, USA	Phleger (1965) Rusnak (1966)
Desert, eolian	Bahiret et Bibane, North Africa	Pilkey et al. (1989)
Volcanic, flotables,	Laguna Sargento, Mexico	Nichols (1965)
Glacial, streams	Ingolfshofi, Iceland	King (1956)
Anthropogenic, wastes	Jamaica Bay, NY, USA	National Academy of Sciences (1971)





Sin embargo, los sistemas lagunares estuarinos pueden poseer características muy específicas, debido a condiciones locales. En la siguiente tabla, algunos ejemplos de las diferentes fuentes sedimentarias.

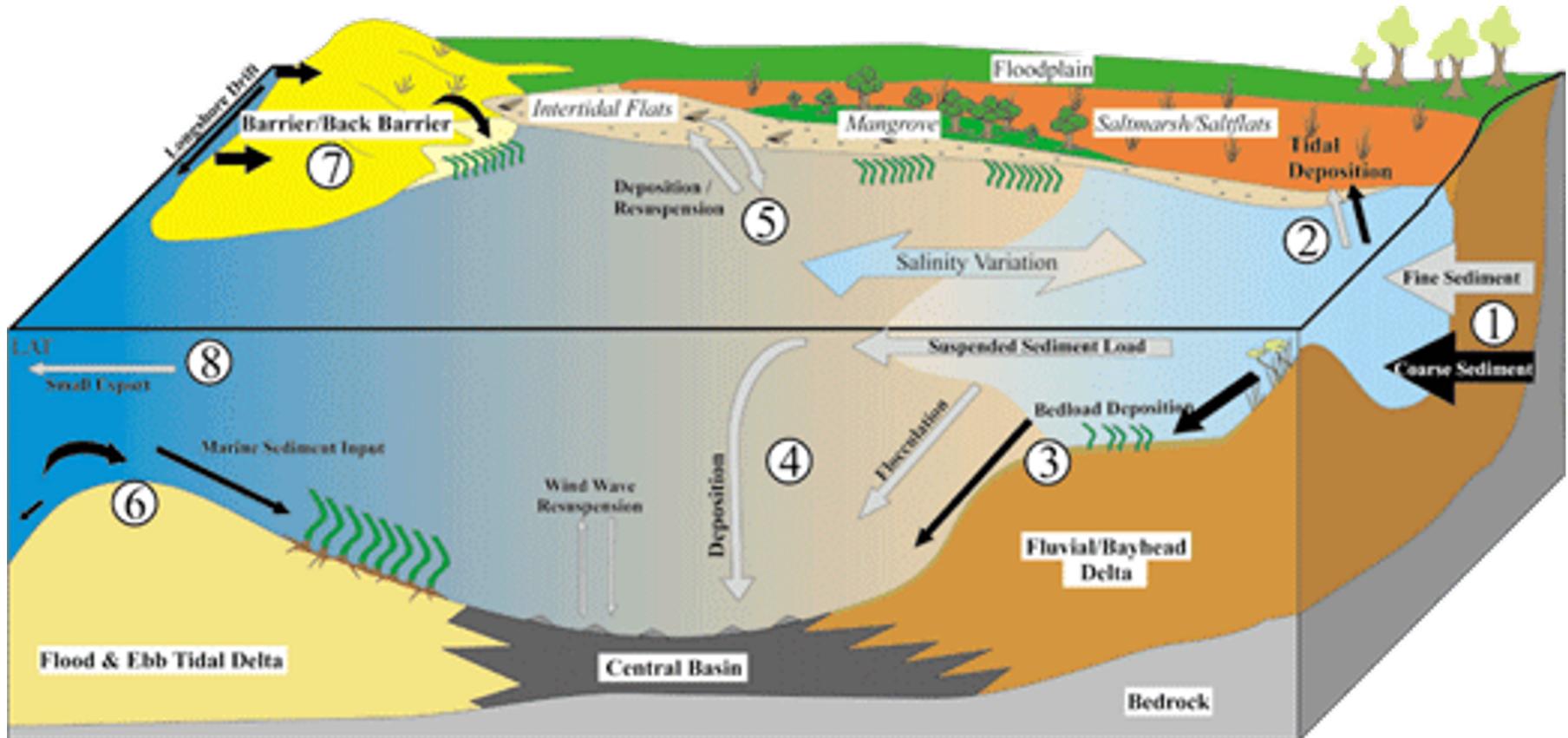
## 2. Internal Sources

Organic production, shell worm reefs	Wadden Sea, Netherlands Arcachon, France Lake of Tunis, North Africa	Van Straaten (1956) Van Straaten (1956) Pilkey et al. (1989)
Chemical precipitates	Hutt, Western Australia Abu Dhabi, Arabia	Arakel (1982) Schreibner (1986)
Shores, flat and marsh erosion	Sapelo, GA, USA	Frey and Basan (1985)
Erosion of relic deposits: inlet and shore	Wadden Sea, Netherlands	Van Straaten (1954)
Anthropogenic, dredge and fill	Corpus Christi, TX, USA	White et al. (1983)

---



## Patrones de zonación de sedimentos en lagunas costeras.



En términos generales, la distribución de los sedimentos se da por los gradientes de energía y la batimetría. Por ejemplo, los sedimentos con texturas gruesas son comunes en las bocas y desembocaduras, donde las velocidades de corriente son máximas, mientras que los sedimentos finos se encuentran en las orillas donde las velocidades son cercanas a cero.

## Patrones de zonación de sedimentos en lagunas costeras.

Típicamente, un estuario posee uno o mas canales y asociados a estos se encuentran zonas planas de inundación mareal, sujetos a esta fluctuación cíclica de la masa de agua marina. Normalmente existe una progresión en el tamaño de grano de las partículas de sedimento que va de sedimentos lodosos en las mareas altas y sedimentos arenosos durante la marea baja.

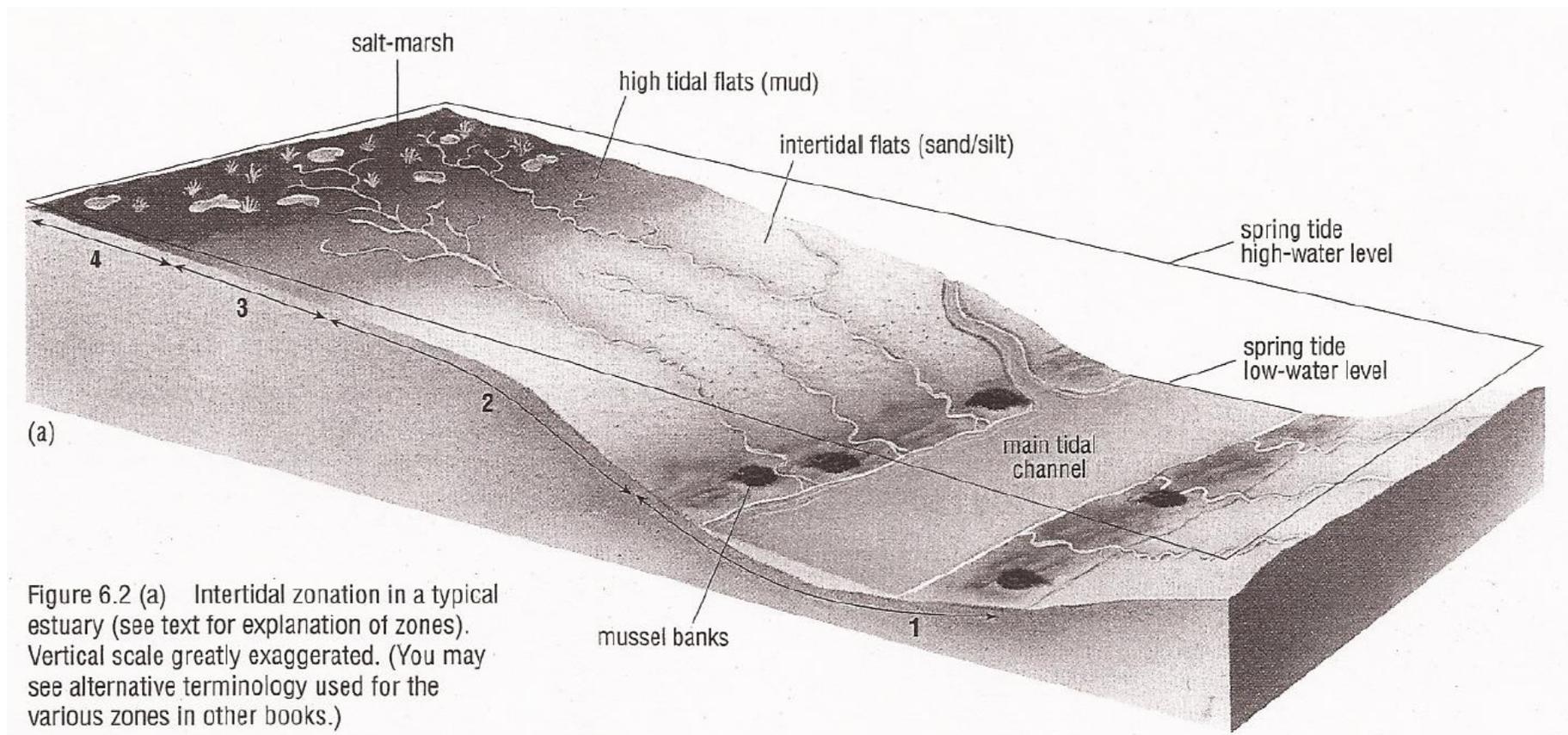


Figure 6.2 (a) Intertidal zonation in a typical estuary (see text for explanation of zones). Vertical scale greatly exaggerated. (You may see alternative terminology used for the various zones in other books.)

## Patrones de zonación de sedimentos en lagunas costeras.

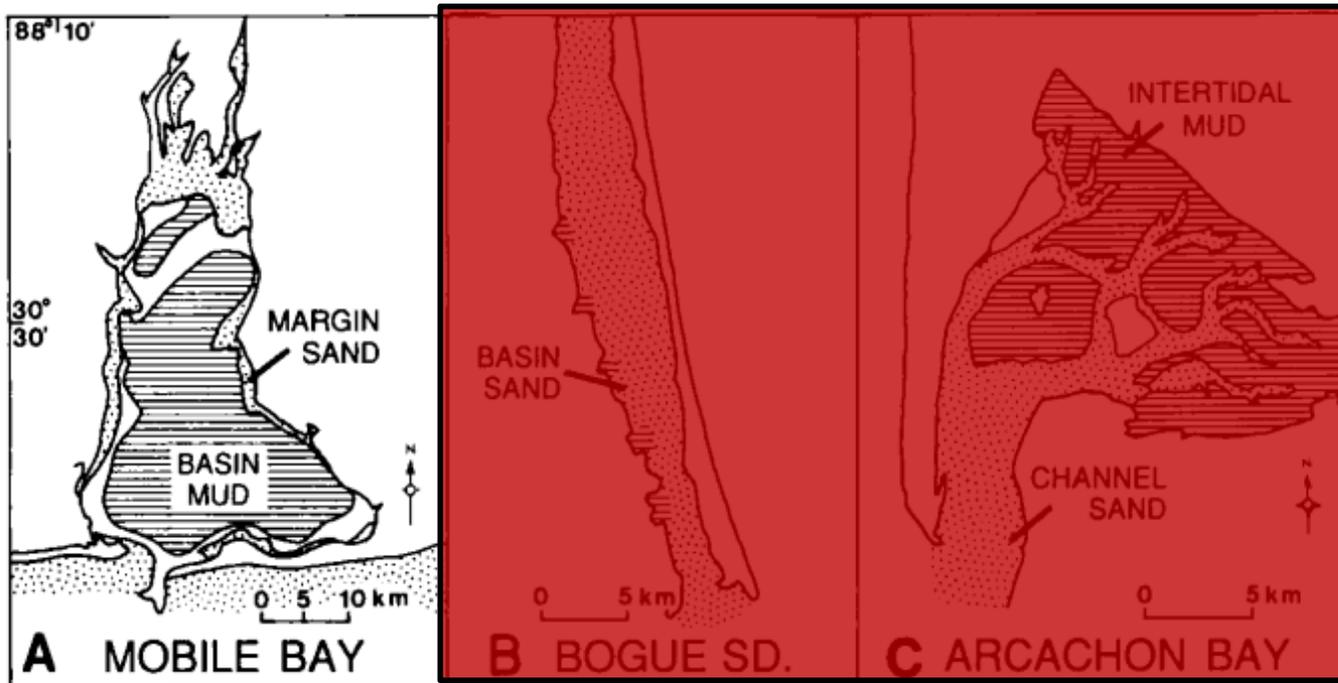


Fig. 7.13. Three types of textural patterns **in lagoons**: A. Mud basin and sand margins; from Ryan and Goodell (1972). B. Sand basin and mud margins; from Brett (1963). C. Sand channel and mud inner intertidal; from Allen *et al.* (1973).

Existen tres patrones generales: **Lodos en las cuencas centrales y arenas en los márgenes**. Un relativamente alto flujo de ríos y sedimentos finos resulta en la acumulación de lodos en las cuencas centrales de la laguna por debajo de la profundidad donde el oleaje pierde energía para depositar limos y arcillas.

## Patrones de zonación de sedimentos en lagunas costeras.

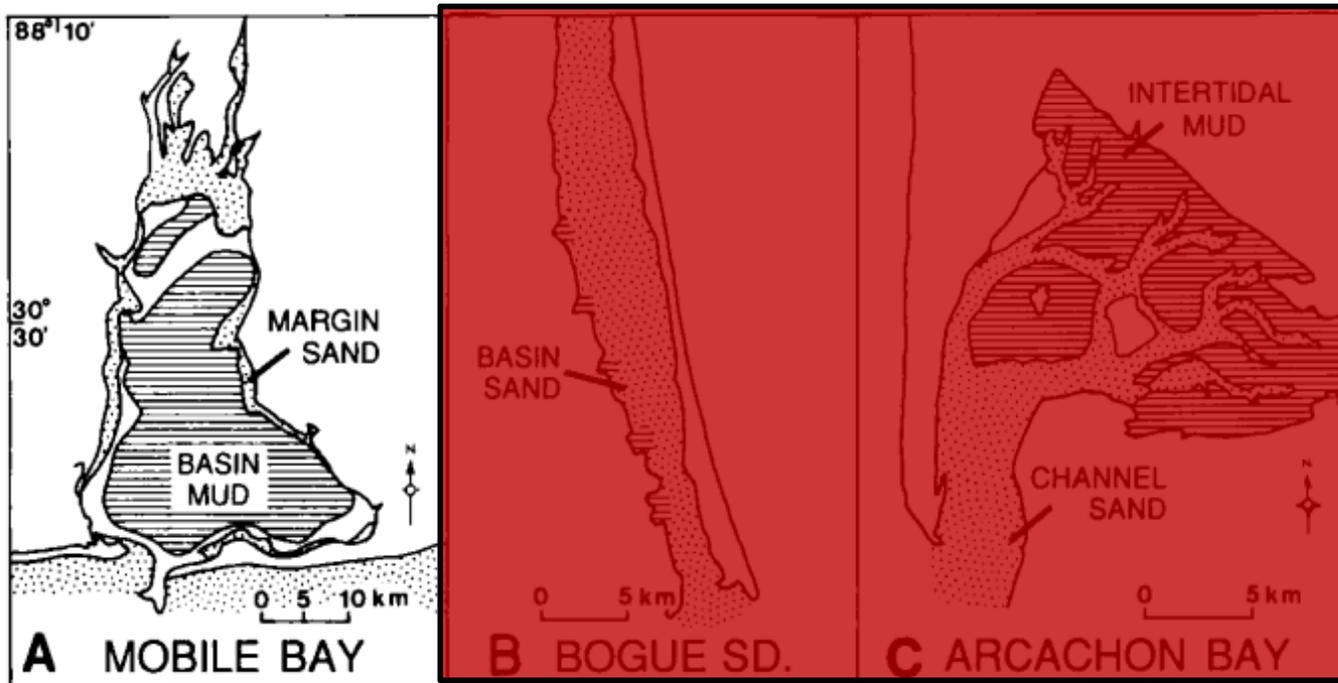
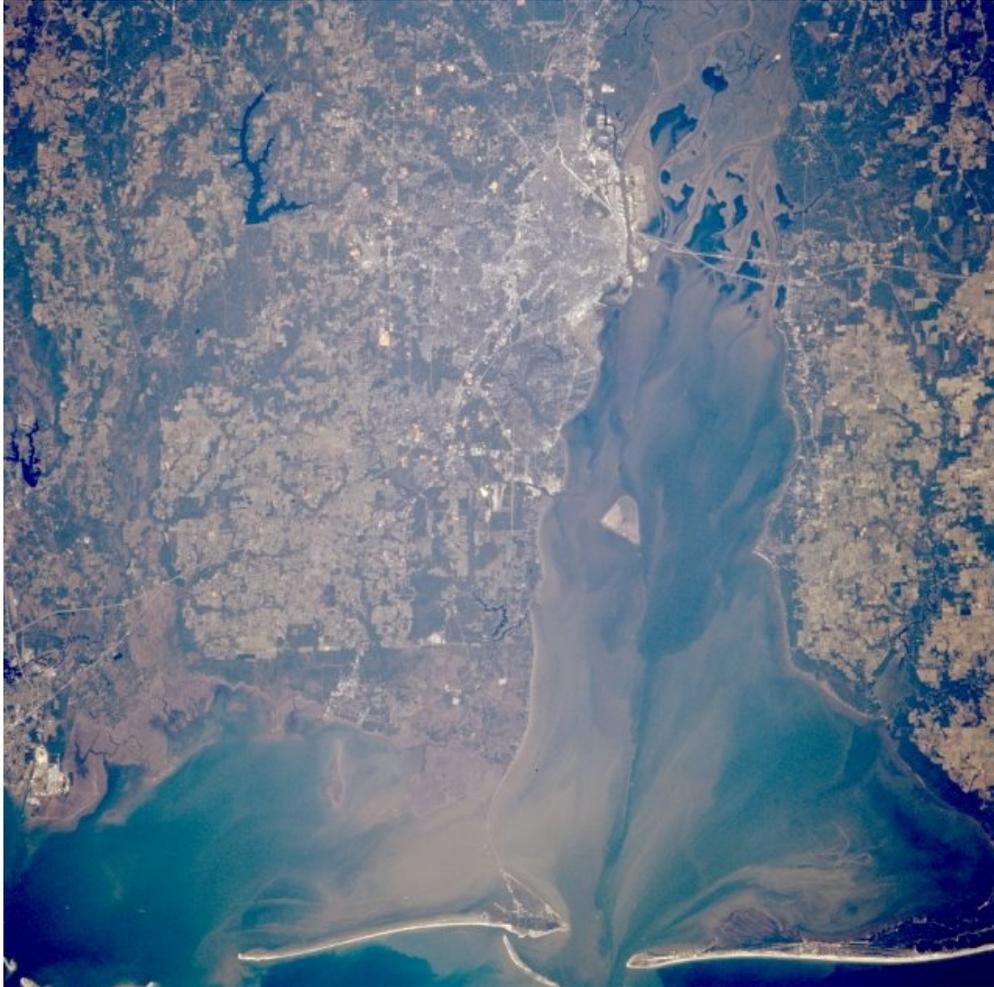


Fig. 7.13. Three types of textural patterns **in lagoons**: A. Mud basin and sand margins; from Ryan and Goodell (1972). B. Sand basin and mud margins; from Brett (1963). C. Sand channel and mud inner intertidal; from Allen *et al.* (1973).

Los sedimentos arenosos de los márgenes están determinados por la acción del oleaje. En este tipo de patrón, la transición sedimentaria tiene un patrón batimétrico muy marcado, lo cual repercute sobre distribución de la biota

Patrones de zonación de sedimentos en lagunas costeras.



## Patrones de zonación de sedimentos en lagunas costeras.

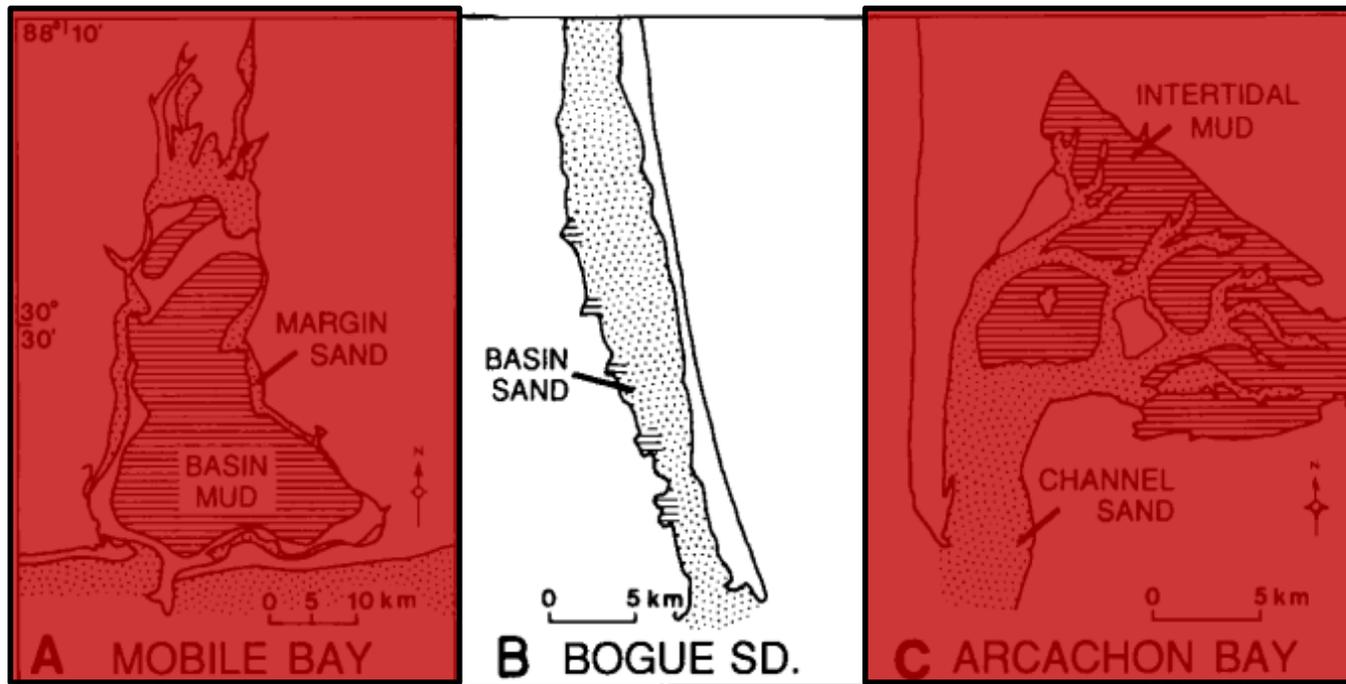


Fig. 7.13. Three types of textural patterns **in lagoons**: A. Mud basin and sand margins; from Ryan and Goodell (1972). B. Sand basin and mud margins; from Brett (1963). C. Sand channel and mud inner intertidal; from Allen *et al.* (1973).

**Arenas en las porciones centrales y lodos en los márgenes.** Este patrón ocurre en lagunas someras, con regímenes micromareales, donde el aporte de sedimentos finos es bajo y el piso lagunar está sujeto a la acción vigorosa del oleaje.

## Patrones de zonación de sedimentos en lagunas costeras.

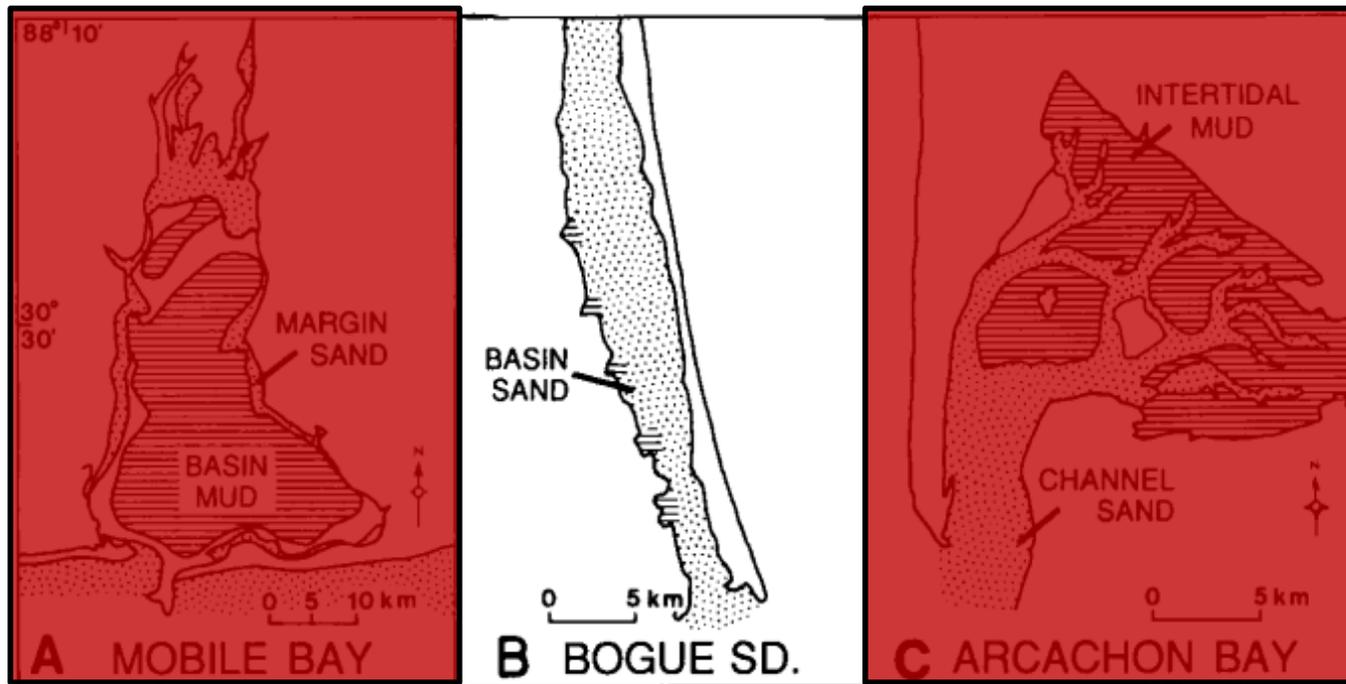
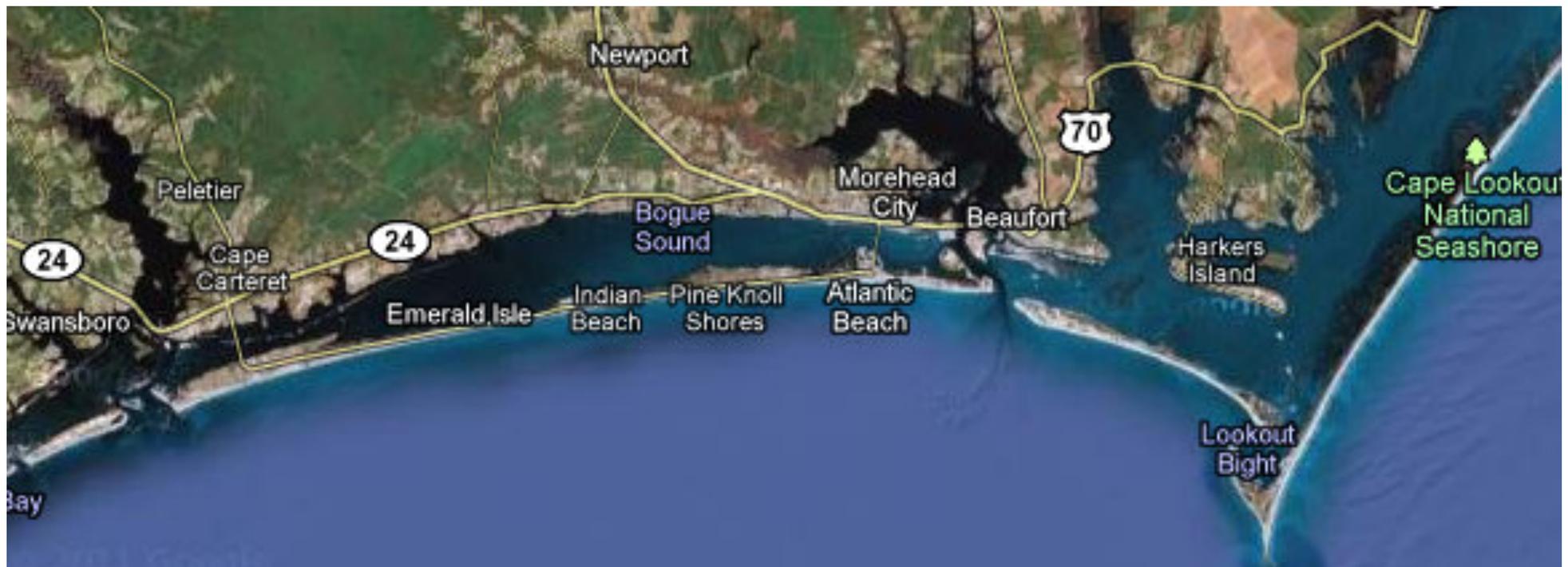


Fig. 7.13. Three types of textural patterns in lagoons: A. Mud basin and sand margins; from Ryan and Goodell (1972). B. Sand basin and mud margins; from Brett (1963). C. Sand channel and mud inner intertidal; from Allen *et al.* (1973).

La acción del oleaje disuade la depositación de limos y arcillas en las partes centrales. En lugar de esto, los sedimentos finos son transportados por corrientes de viento, o corrientes mareales y son depositados en los márgenes protegidos. La arena proviene de las bocas de comunicación o de la barra lagunar.

Patrones de zonación de sedimentos en lagunas costeras.



## Patrones de zonación de sedimentos en lagunas costeras.

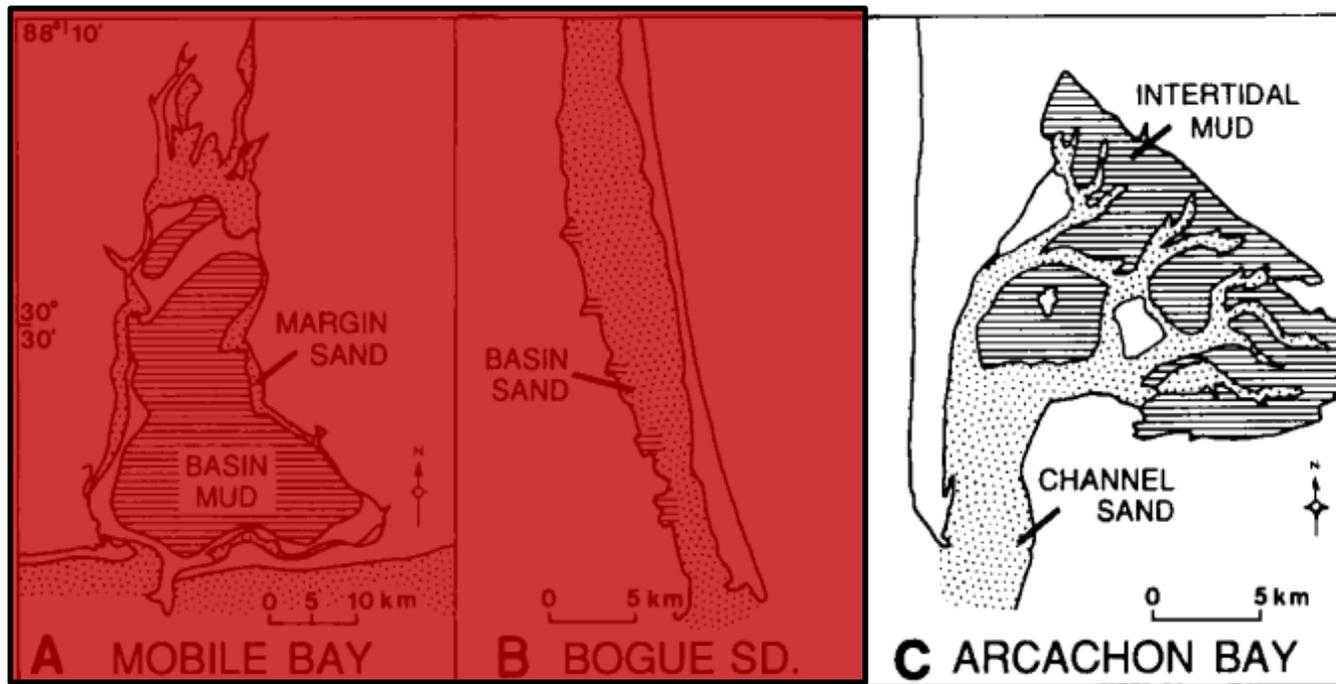


Fig. 7.13. Three types of textural patterns **in lagoons**: A. Mud basin and sand margins; from Ryan and Goodell (1972). B. Sand basin and mud margins; from Brett (1963). C. Sand channel and mud inner intertidal; from Allen *et al.* (1973).

**Arenas gruesas en los canales de entrada y hacia tierra dentro con lodos en las partes planas mareales y márgenes.** Este patrón ocurre en las lagunas meso y macro mareales donde las corrientes de marea y el oleaje disminuyen conforme se avanza tierra adentro. Los sedimentos finos pueden provenir del mar o del continente.

## Patrones de zonación de sedimentos en lagunas costeras.

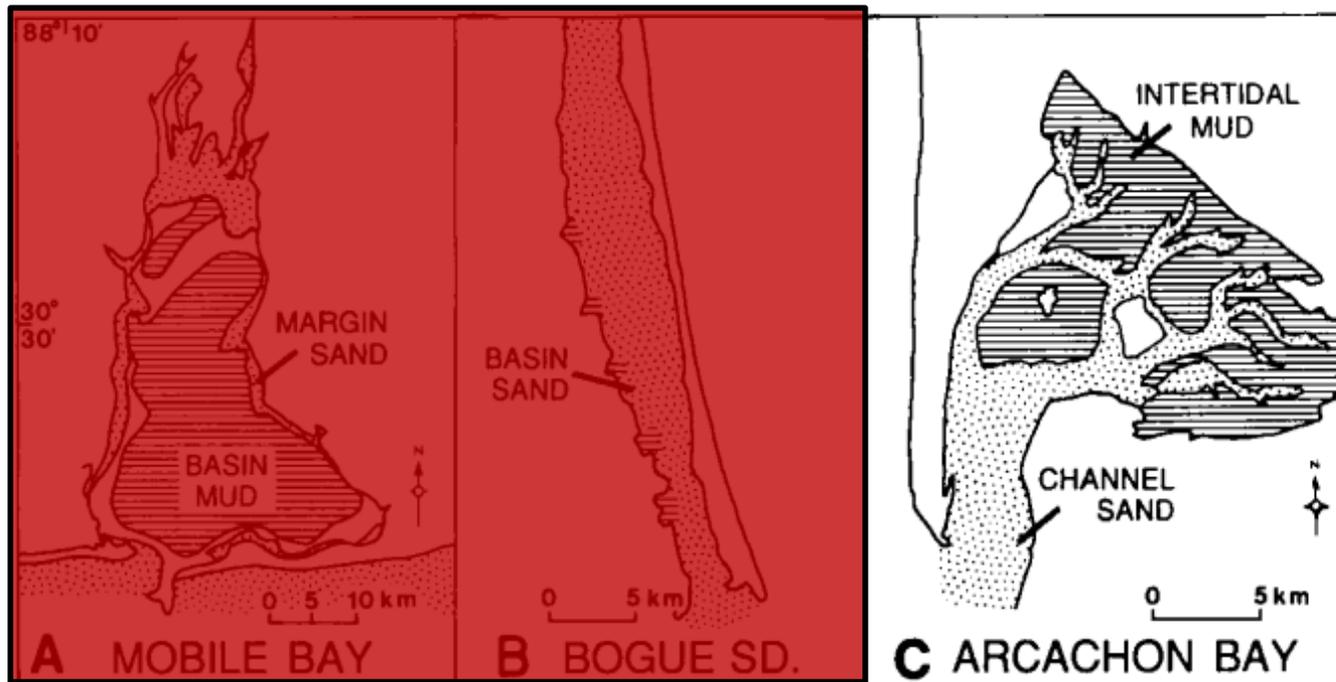


Fig. 7.13. Three types of textural patterns **in lagoons**: A. Mud basin and sand margins; from Ryan and Goodell (1972). B. Sand basin and mud margins; from Brett (1963). C. Sand channel and mud inner intertidal; from Allen *et al.* (1973).

Los sistemas de arenas gruesas se mueven hacia tierra adentro hacia los pantanos, movidas por fuertes corrientes de marea, por su parte, los sedimentos finos se depositan lentamente. En las zonas de pantano, los organismos filtradores de deposito re-suspenden y depositan una cantidad importante de material fino.

Patrones de zonación de sedimentos en lagunas costeras.



## Modificación de partículas en las lagunas costeras.



Las partículas finas en la lagunas son gránulos simples dispersos en suspensión o partículas combinadas y agregadas que forman flóculos, pellets o *nieve marina*. Algunas son predominantemente inorgánicas, sin embargo hay otras que son orgánicas

## Modificación de partículas en las lagunas costeras.



Las partículas combinadas, son particularmente significativas dado que sus tasas de depositación se incrementan en varios ordenes de magnitud con relación a las partículas sencillas. Consecuentemente, las partículas compuestas son fácilmente removidas del transporte en suspensión y se tienden a hundir y residir dentro del sistema.

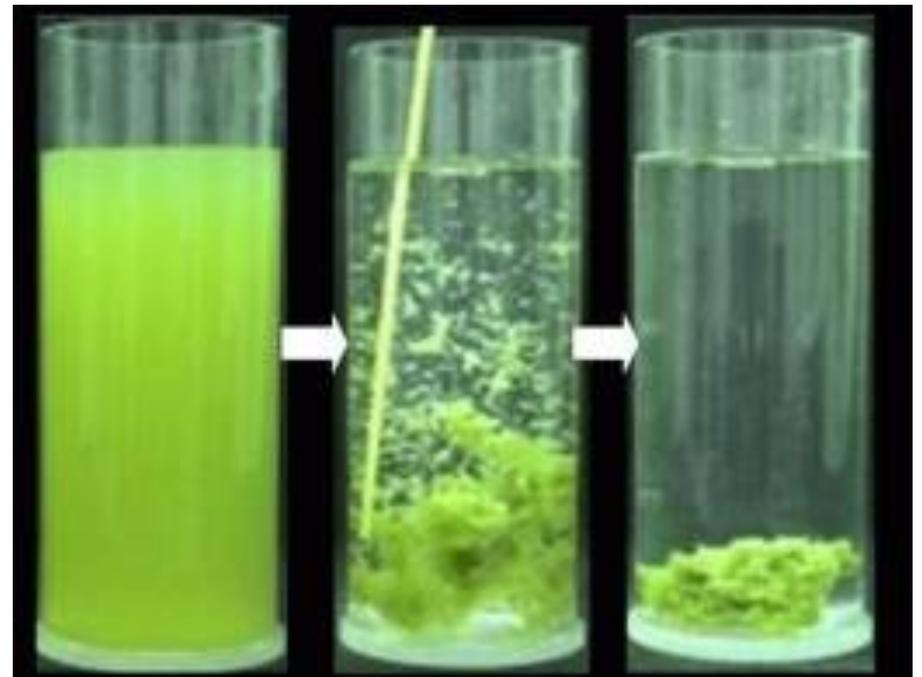
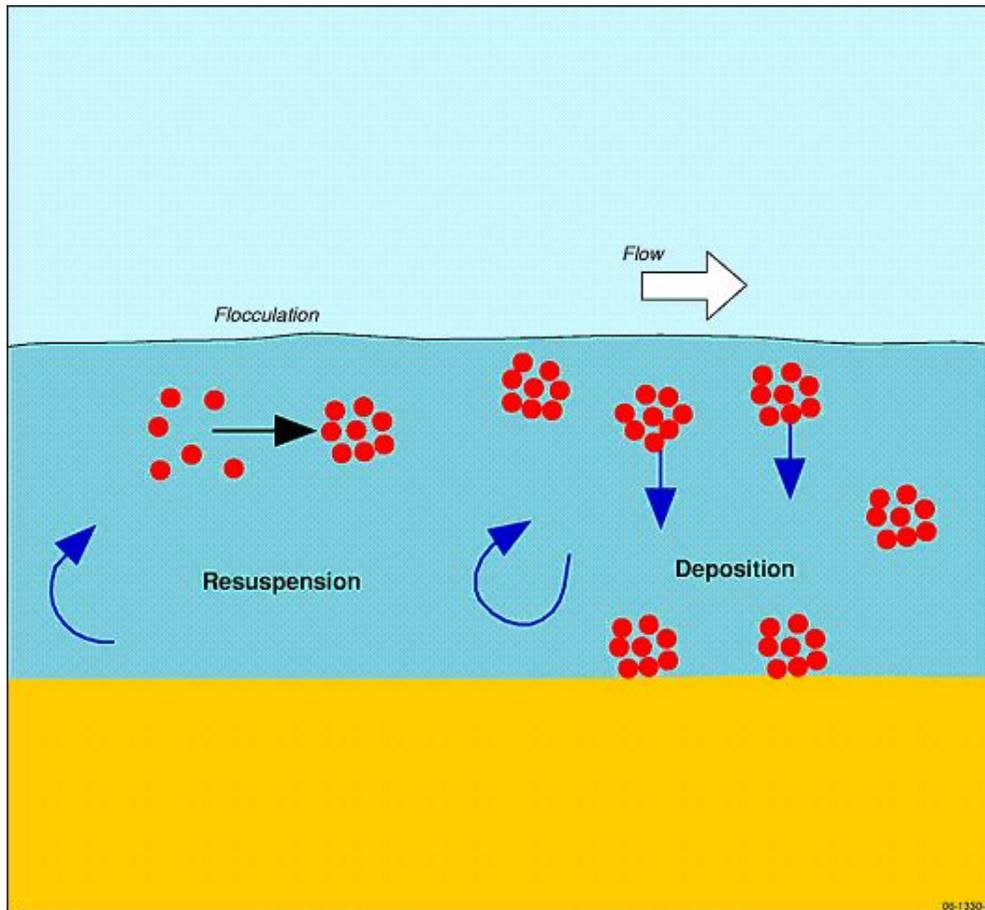
## Floculación en estuarios y lagunas costeras.

Mientras mas finas (y ligeras) sean las partículas de sedimento, se requerirá de una menor velocidad del agua para que ocurra la depositación. Los sedimentos mas finos, como la arcilla, solo se depositaran en bajas o nulas velocidades.

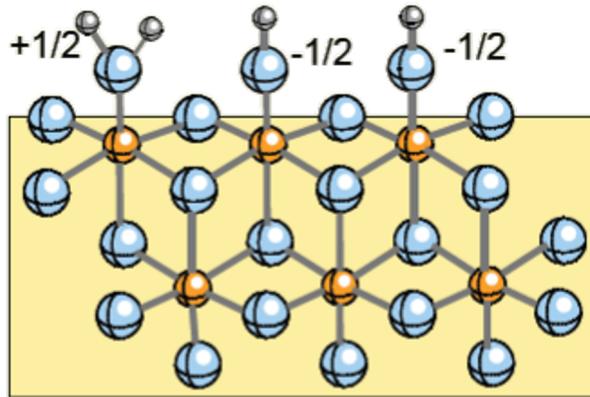


## Floculación en estuarios y lagunas costeras.

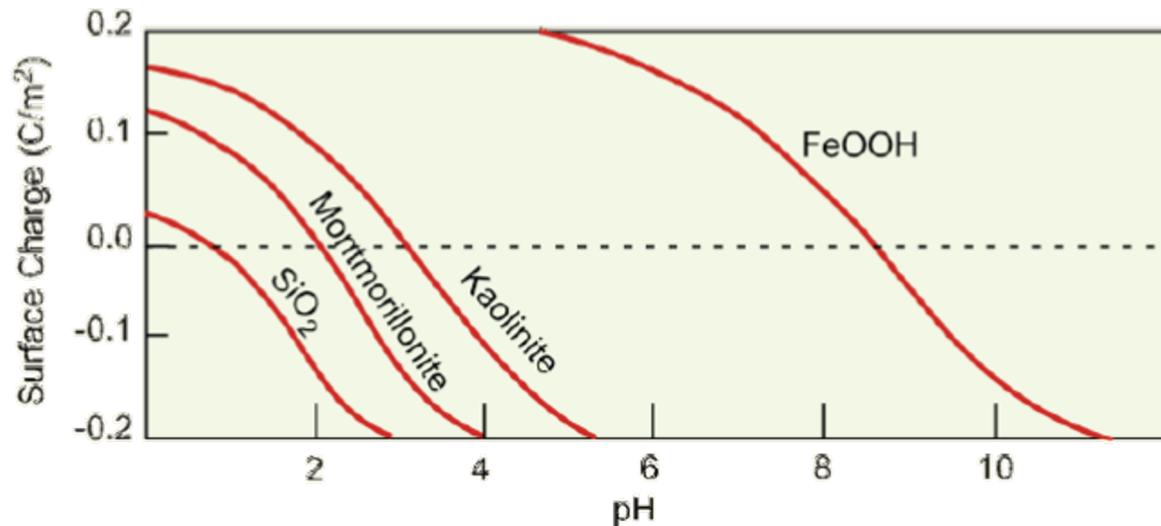
Sin embargo, donde se encuentran el agua marina y dulceacuícola se presenta un fenómeno con estos sedimentos finos denominado floculación. La salinidad induce a las partículas arcillosas a unirse, creando así partículas mas pesadas, las cuales se depositan.



## Floculación en estuarios y lagunas costeras.



La carga superficial está dada en función del pH, reflejando la variable de protonación u oxígenos superficiales.



En el agua dulce, la floculación no ocurre ya que las partículas de arcilla tienen cargas electrostáticas negativas y se repelen entre sí. Al llegar al agua marina, los cationes libres de esta interactúan con las cargas negativas de las arcillas y las neutralizan. Produciendo así que las partículas de arcilla se unan por medio de fuerzas de van der Waals.

## Características químicas y floculación

Los estuarios son los frentes químicos de la hidrósfera donde un número importante de cambios composicionales tienen lugar.

Por ejemplo:

Los ríos aportan principalmente Fe, Al, P, N, Si y COD

El agua marina aporta principalmente Ca, Mg, Na, K, Cl, SO<sub>4</sub>

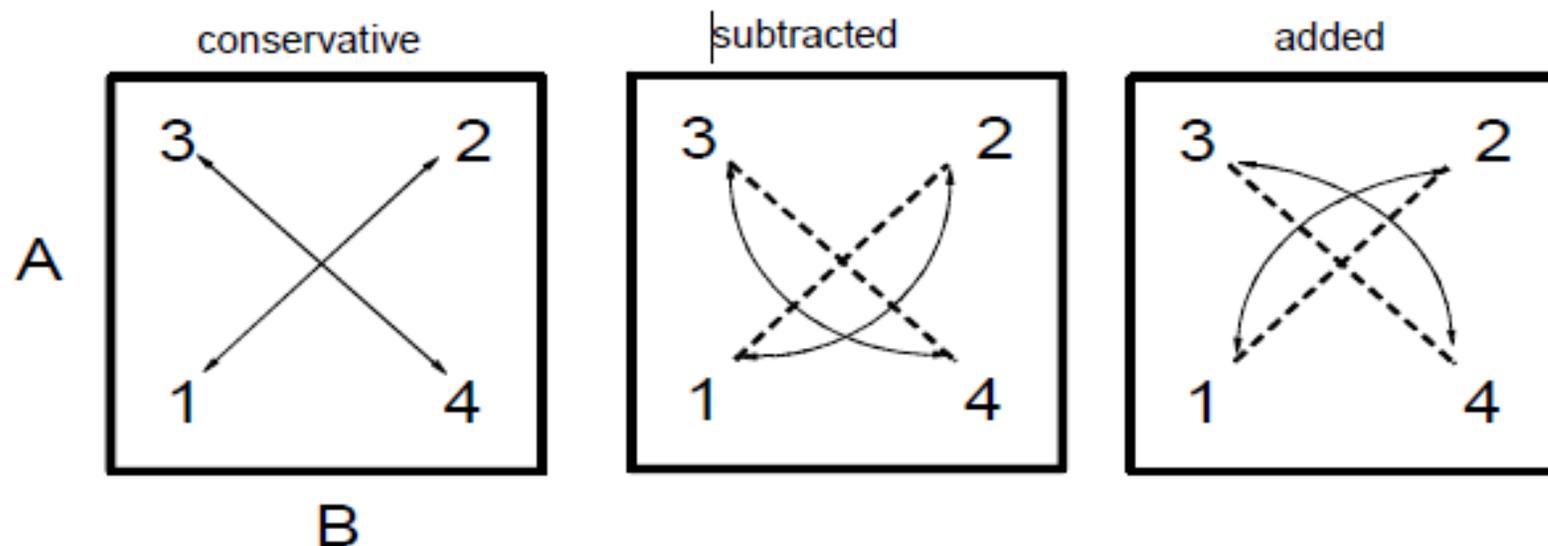
Estas diferencias están dadas por:

- a. La **mezcla conservativa** en los estuarios.
- b. Los **procesos químicos** en los estuarios (algunos elementos se exportan hacia los sedimentos y no hacia el mar, o adición de algunos elementos de los sedimentos al agua estuarina).
- c. Los **procesos químicos** en los océanos (procesos post-estuarinos).

## Características químicas y floculación

En la mayoría de los estuarios, la mezcla de aguas marinas y dulceacuícolas produce gradientes químicos entre estas masas con dos conductas para los compuestos disueltos y los iones.

- ❖ **Mezcla Conservativa:** dilución simple
- ❖ **Mezcla No Conservativa:** los elementos pueden ser sustraídos de o añadidos a la masa de agua en cantidades superiores a las esperadas en una mezcla simple.



*La salinidad y la clorinidad se usan comúnmente como un material de referencia de la mezcla conservativa.*

## Características químicas y floculación

Los perfiles de mezcla no conservativa en los estuarios se presentan por la interacción entre solutos y partículas de la siguiente forma general.

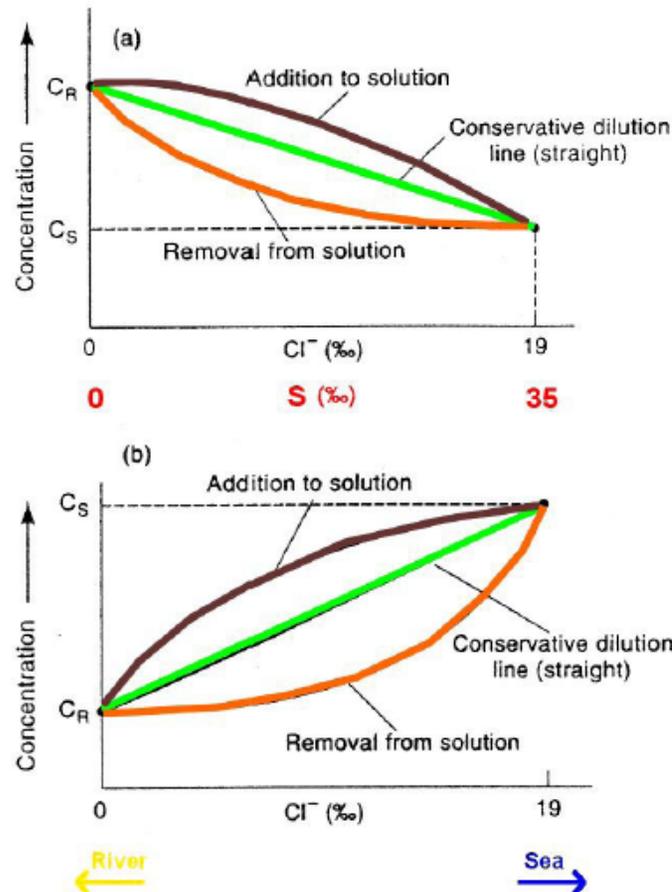


Figure 7.3. Idealized plots for estuarine water of the concentration of dissolved components versus chloride (which serves as conservative measure of the degree of mixing between fresh water and seawater).  $C_R$  = concentration in river water;  $C_S$  = concentration in seawater. (a) Component whose concentration in fresh water is greater than it is in seawater (for example, P, N, Si). (b) Component whose concentration in fresh water is less than it is in seawater (for example, Ca, Mg, K). (Modified from P. S. Liss, "Conservative and Non-Conservative Behavior of Dissolved Constituents During Estuarine Mixing," in *Estuarine Chemistry*, ed. J. D. Burton and P. S. Liss, p. 95. ©1976 by Academic Press, reprinted by permission of the publisher.)

Adsorción + floculación (= sedimentación de partículas) por pérdida de solutos

Desorción (por ganancia de solutos)

Estas interacciones entre partículas son muy importantes debido a que:

1. La composición de los océanos, ya que esto limita la forma en la que estos sedimentos penetran al mar.
2. La composición de los sedimentos estuarinos, debido a la alta concentración de algunos compuestos químicos se encuentran en los flóculos.

## Características químicas y floculación

