

**Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales
Facultad de Ciencias
Universidad de la República**

Docente Responsable: Dr. Gustavo J Nagy

4. Fundamentos de la Oceanografía Costera y de Estuarios.



Introducción a la Oceanografía de Costas y Estuarios

Dra. Ofelia Gutiérrez

28/04/2021

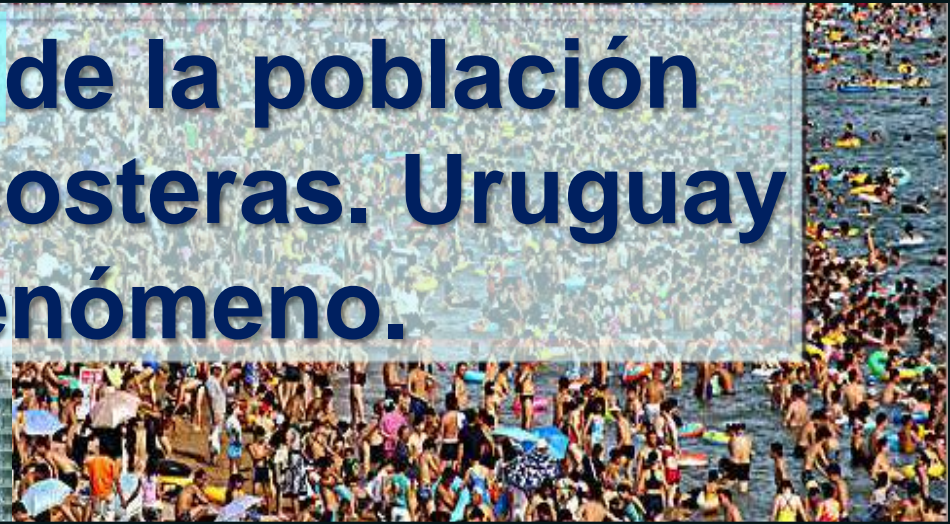
Curso Oceanografía Física y Química



Una alta proporción de la población se radica en zonas costeras. Uruguay no es ajeno a este fenómeno.

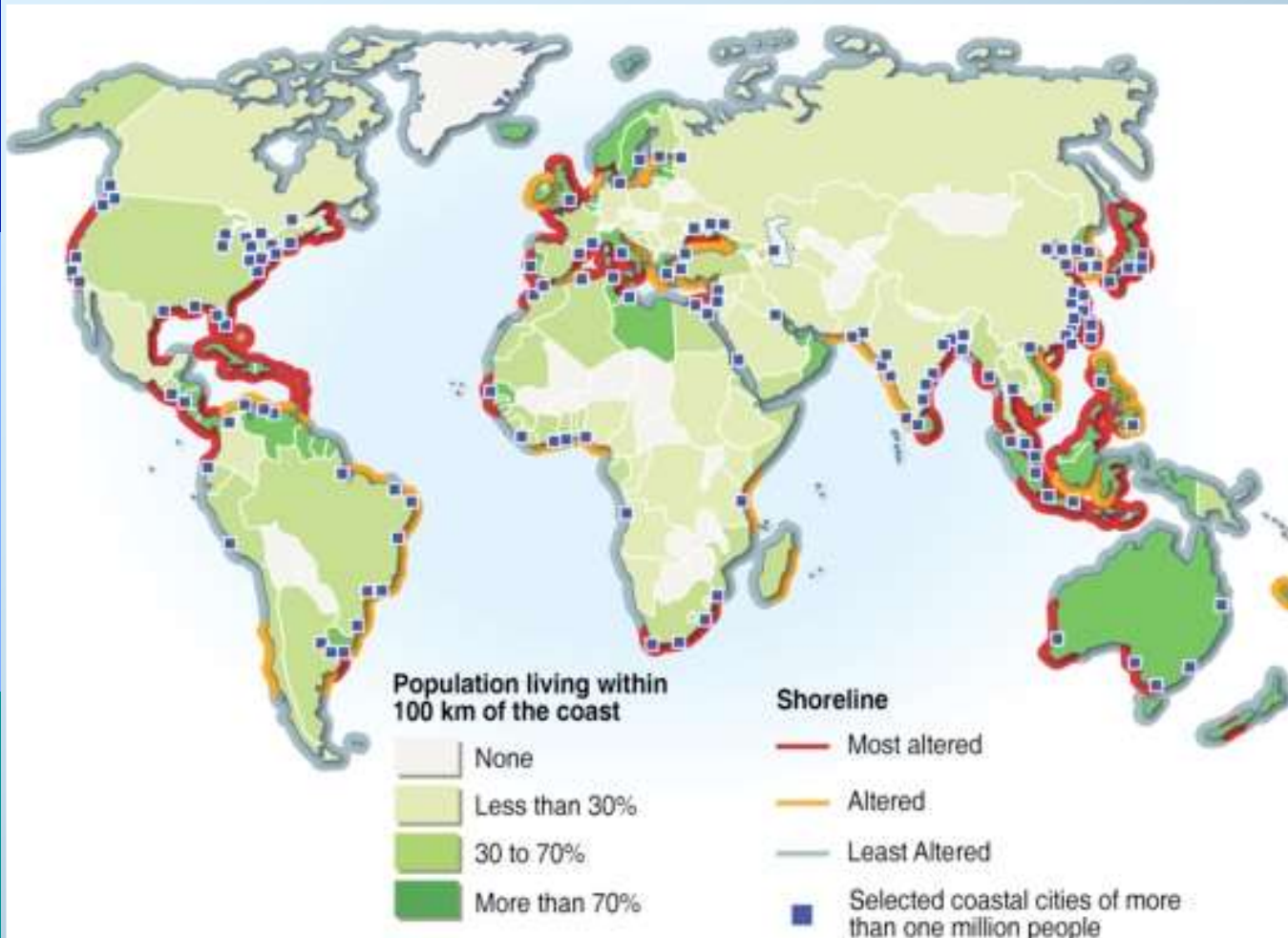
6-20% <10m (LE CZ)
(Villamizar *et al.*, 2016)
y hasta 66% según otros
criterios

**Deterioro de zona costera
trae consecuencias:
insustentabilidad ambiental
y socio-económica**



Importancia de las costas...

60% de la población mundial habita en la franja comprendida por 100 km de la costa.



Gran importancia ecológica: nutrientes, sustrato, alta diversidad, ecotono (interfase tierra-mar)

Planteamiento del problema

CAMBIO GLOBAL IMPULSORES DIRECTOS



La correcta gestión de las funciones de los ecosistemas permite mantener los **SERVICIOS ECOSISTEMICOS** de los que depende el bienestar humano.

PROCESO EMERGENTE Y COMPLEJO



Planteamiento del problema



Proceso emergente y complejo relacionado con los **cambios ambientales generados por la actividad humana**, que están modificando los **procesos biogeofísicos** esenciales que determinan el funcionamiento global de nuestro planeta

(Duarte et al., 2009)



Forzante:

Subida del Nivel del Mar

An aerial photograph of a desert landscape, likely a sand dune area. The terrain is mostly light-colored sand with scattered dark patches of vegetation, including small trees and shrubs. The text "ALGUNAS DEFINICIONES" is overlaid in large, bold, blue capital letters in the lower-middle part of the image.

ALGUNAS DEFINICIONES

Foto: Javier Ortega Figueiral, noviembre 2008

Tipos de costas

El término *costa* es mucho más amplio que línea de costa, orilla o ribera e incluye muchos hábitats y ecosistemas asociados con procesos terrestres y marinos.

Zona costera

- Interfase
- Zonas geográficas largas y estrechas.
- Encuentro entre el océano y la tierra.
- Márgenes continentales e islas.
- Playas, dunas, estuarios, pantanos, manglares, arrecifes de coral, marismas, lagunas, etc.



Definición de zona costera



La **zona costera o litoral**, es la zona que se extiende entre el nivel de marea más bajo y la mayor elevación de tierra afectada por las olas resultantes de un temporal o tormenta (definición desde la *Geomorfología*).

También se la define como la **zona de transición e interacción** entre el ambiente terrestre y el ambiente marino (definición desde la *Biogeografía*)

Interfase

Atmósfera
(Climate & weather)
Pressure
Temperature
Humidity
Precipitation
Wind
Cloud

Biósfera
Terrestrial & Marine
Flora
Fauna

Hidrosfera
(Ocean)

Litosfera
(Geology)
Bedrock
Sediments
Tectonics

Rivers/Streams
freshwater sediments

dune
beach
surf zone

Sediment

Water
Salinity
Temperature
Waves
Tides
Currents

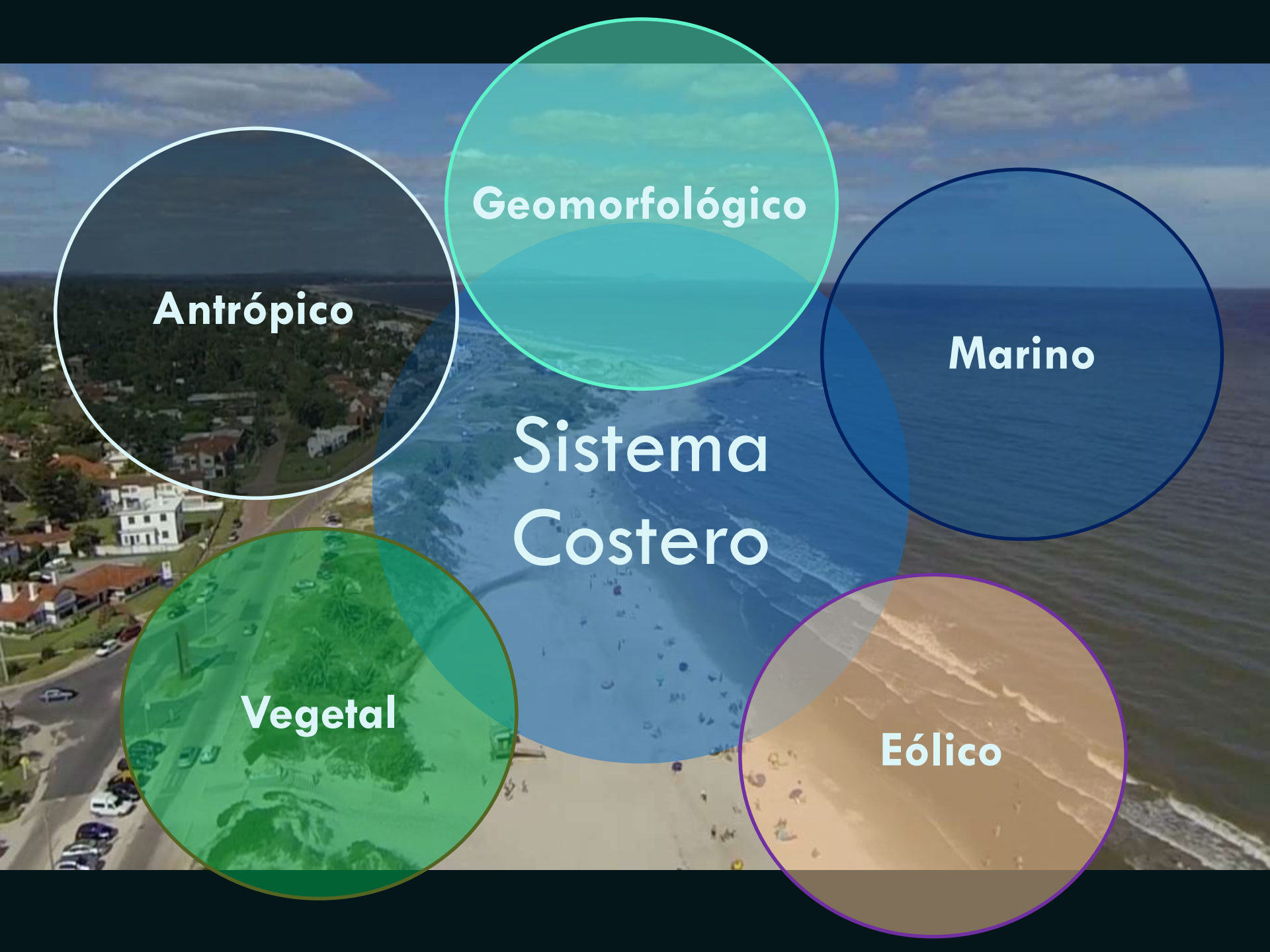
Ambientes y procesos costeros

Los ambientes de playa son las superficies terrestres más dinámicas. Interactúan las 4 esferas.

Short 1999, modificado de Short 1993b

Los **procesos litorales** se caracterizan por el conjunto de interacciones dinámicas circunscriptas al área de contacto entre grandes **masas de agua** estabilizadas en cuencas o depresiones (mares, océanos, y lagos) y las **tierras emergidas** (que las bordean o se hallan incluidas en su dominio).

La morfología litoral es compleja en sus detalles, por causa de las relaciones e interferencias entre procesos marinos y subaéreos, que actúan sobre estructuras y litologías muy variadas.



Antrópico

Geomorfológico

Marino

**Sistema
Costero**

Vegetal

Eólico

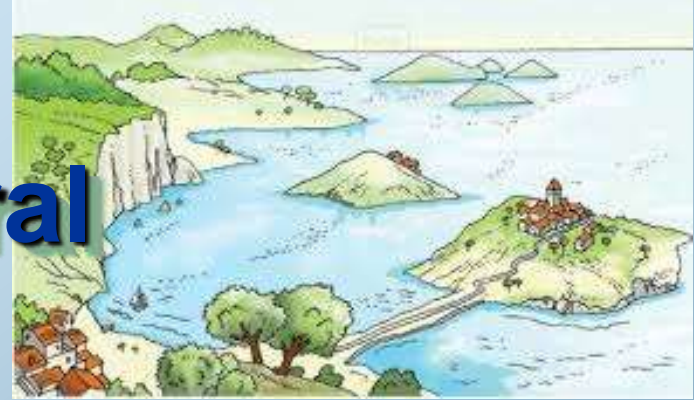


VULNERABILIDAD COSTERA

Grado en que una costa se vera afectada por un impacto, y su (in)capacidad para sobreponerse a las consecuencias del mismo (Woodroffe, 2007).

La vulnerabilidad es multi-dimensional cubriendo respuestas naturales bio-geofísicas de la costa pero también envolviendo aspectos económicos, institucionales y socioculturales (Klein y Nicholls, 1999).

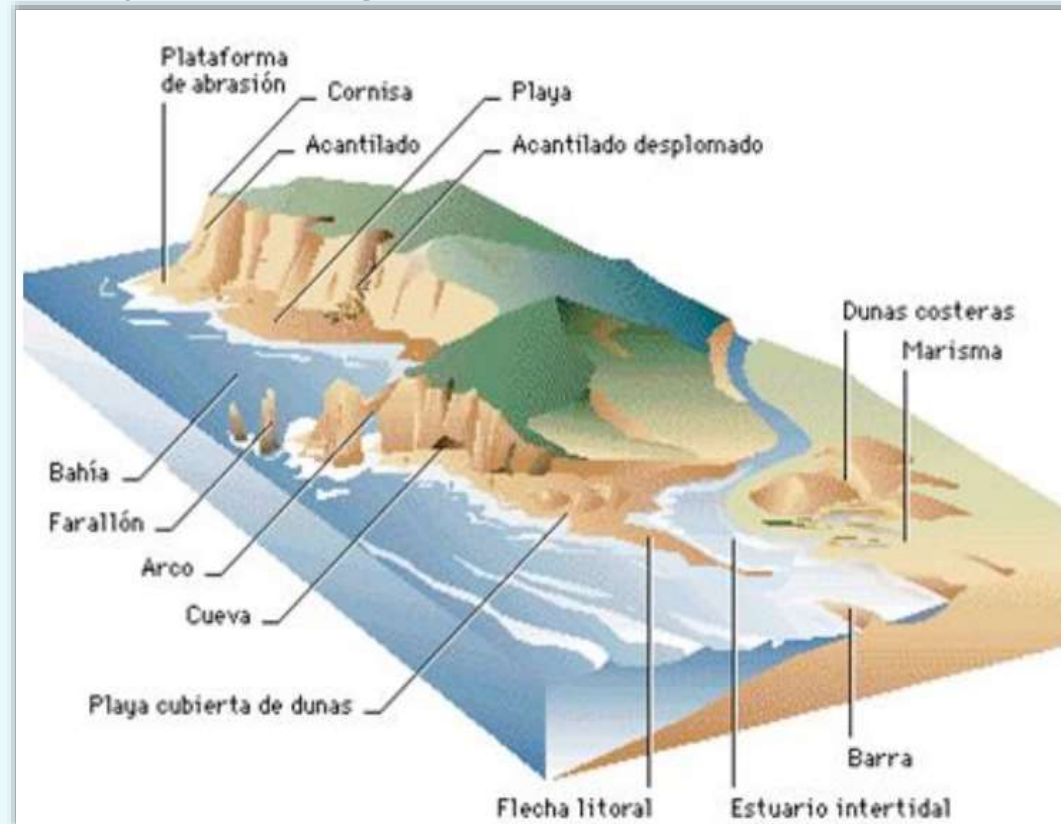
Factores responsables de la morfogénesis litoral



- Control geológico.
- Factor climático (procesos químicos, físicos y biológicos relacionados a condiciones subaéreas y presencia o proximidad del mar. Meteorización). Viento (dunas costeras, generación de olas y corrientes colaborando al padrón de circulación de las aguas).
- Factor biótico (ej. arrecifes coralinos, bioclastos, marismas, etc.).
- Factor oceanográfico (mareas, variaciones de salinidad – poder corrosivo, haloclastia, relación con fauna y flora).

Cambio, movimiento, dinámica, evolución permanente...

- Tectónica de placas
- Volumen de agua en el océano
- Procesos de subsidencia y emergencia
- Fluctuaciones del nivel del mar
- Erosión y acreción
- Corrientes y oleaje
- Volcanismo
- Acción humana



Geomorfología litoral:

Estudia el paisaje resultante de la morfogénesis marina en la zona de contacto entre tierra y mar.

ESTRUCTURA (Formas)

FUNCIONAMIENTO (Dinámica)

COMPORTAMIENTO (Respuesta a estímulos)

El cómo, el qué, y el porqué de los cambios del litoral costero





Litoral costero: interfase física entre la tierra y el agua (Dolan *et al.*, 1980)

El equilibrio dinámico de esta "zona litoral activa" requiere al menos del mantenimiento del balance sedimentario.




Descripción de la temática

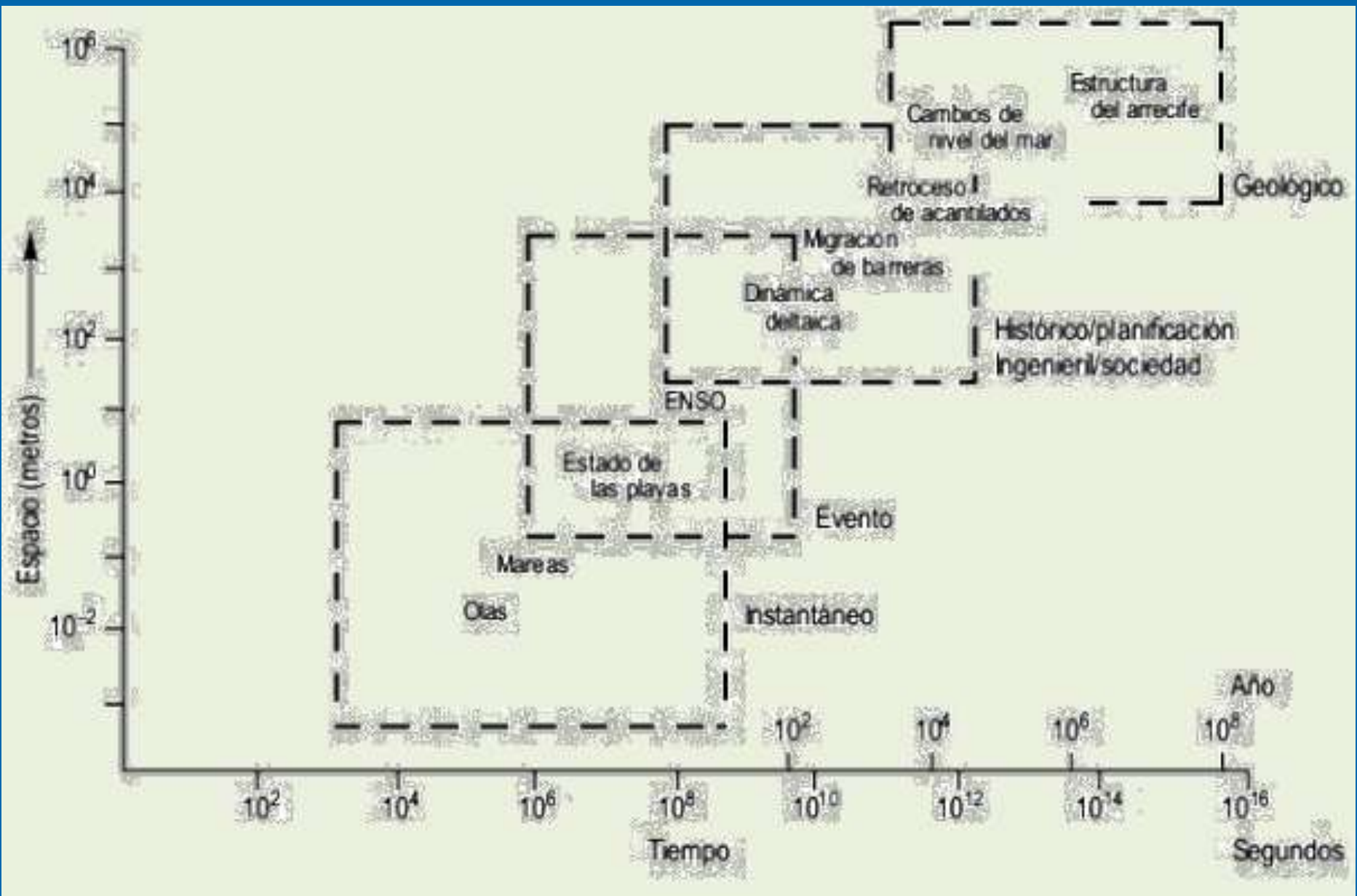


Posición del litoral  cambia con el tiempo.

Su estudio requiere:

- ❖ Análisis temporal (diacrónico – sincrónico)
- ❖ Escala espacial: unidades funcionales (independientes)
- ❖ Escala de tiempo apropiada
- ❖ Análisis de forzantes 
 - Naturales
 - Antrópicas





Línea de costa o ribera



sufre modificaciones en el tiempo y en el espacio

Cambios no sustanciales

Ej.: ritmos estacionales con movimiento de material: erosión rápida en invierno seguida por acreción lenta en primavera y verano.

Cambios de período largo

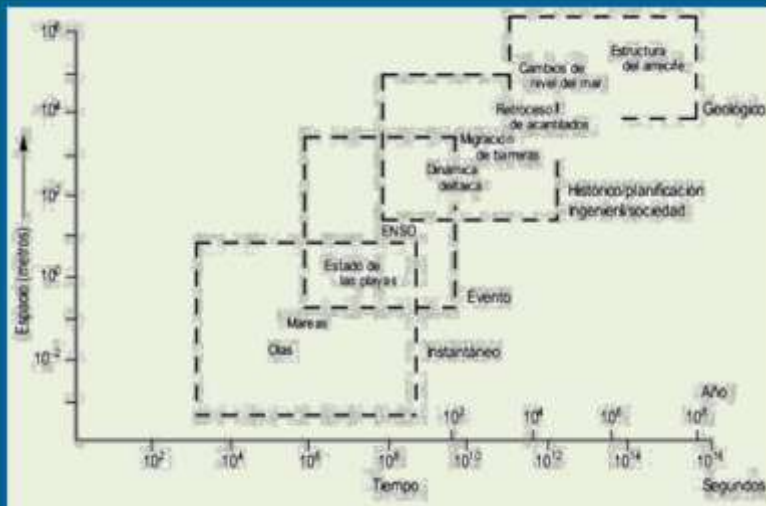
Oscilaciones decadales o centenales su desconocimiento induce intervenciones inapropiadas

Oscilaciones a nivel geológico del nivel medio del mar

Cambio climático
Isostasia

Cambios catastróficos, cualitativos o acumulativos

que desplazan el equilibrio global.
Ej.: emersión de una costa o destrucción de una playa por tormentas, cambio global



Clasificación de Costas:

Costas Primarias: costas recientes dominadas por influencias terrestres.

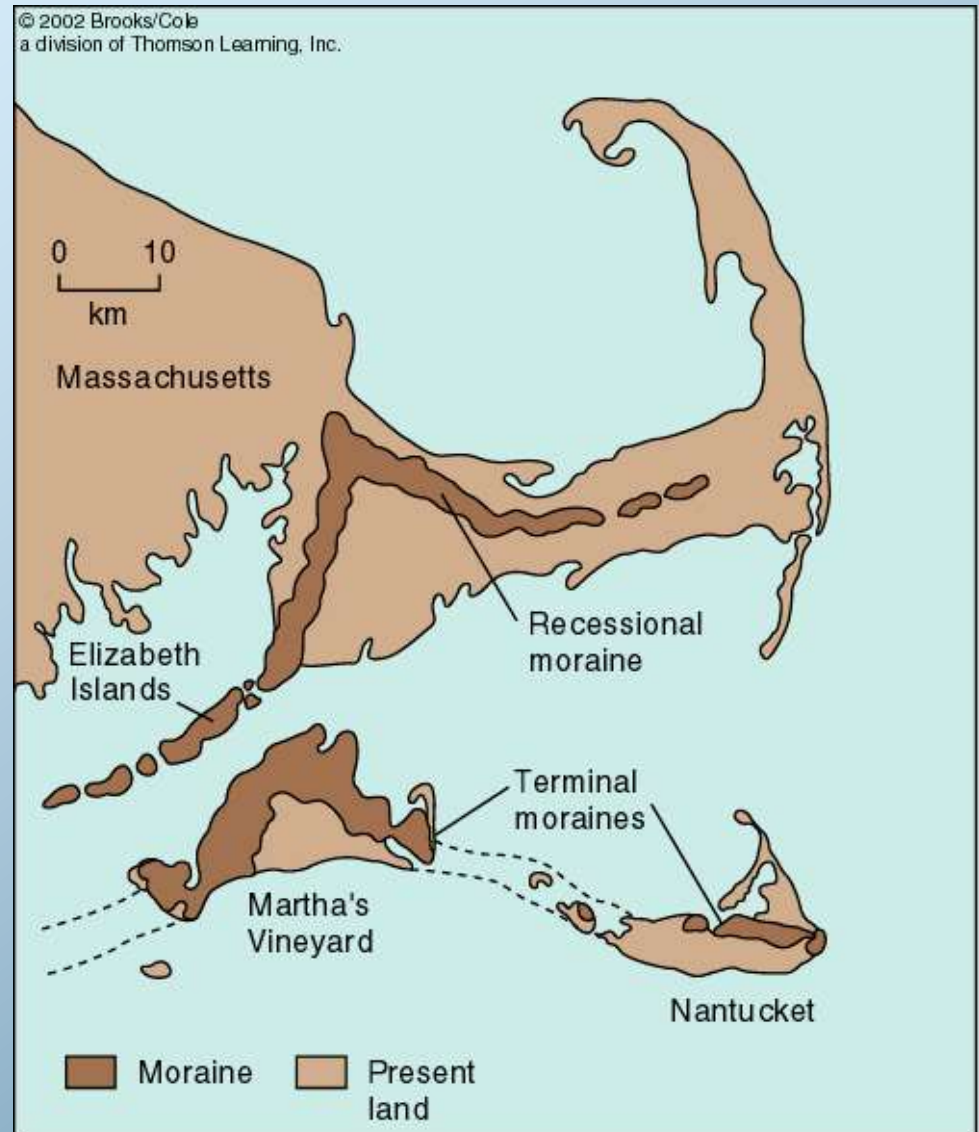
- Formadas por erosión terrestre
- Construidas (crecen) por procesos terrestres
- Volcánicas
- Modeladas por movimientos terrestres

Costas Secundarias: costas más antiguas que han sido modificadas por la influencia marina.

- **Olas y corrientes**
- Erosión por flujos (cursos de agua)
- Partículas transportadas por el viento
- Congelación
- Caída/desplome/desbarrancamiento

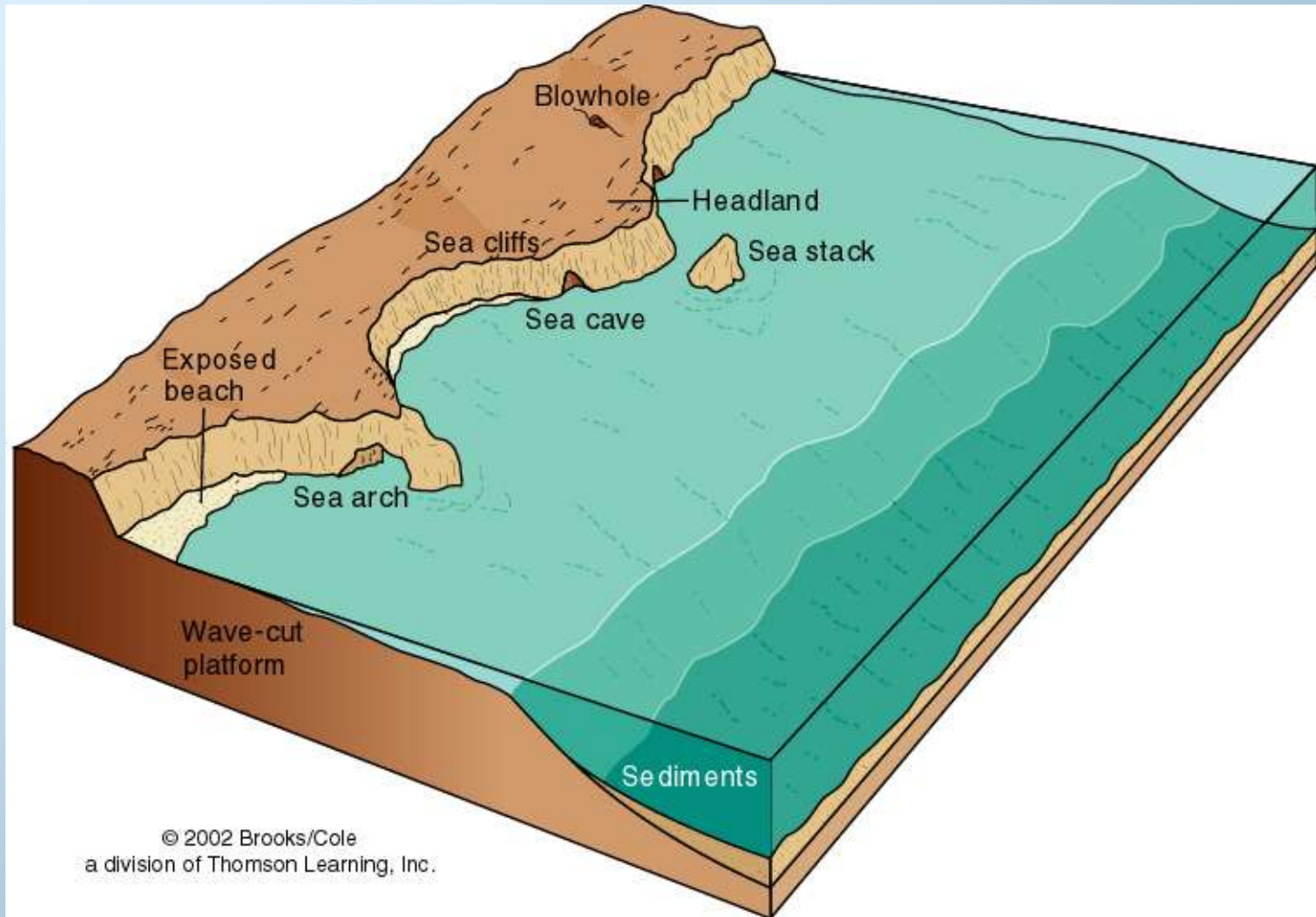
(Método que toma en cuenta la posición tectónica y el nivel del mar)

Costas Primarias



En este ejemplo se ven morrenas (acumulaciones antiguas asociados a glaciares marrón oscuro) y costa actual (marrón claro)

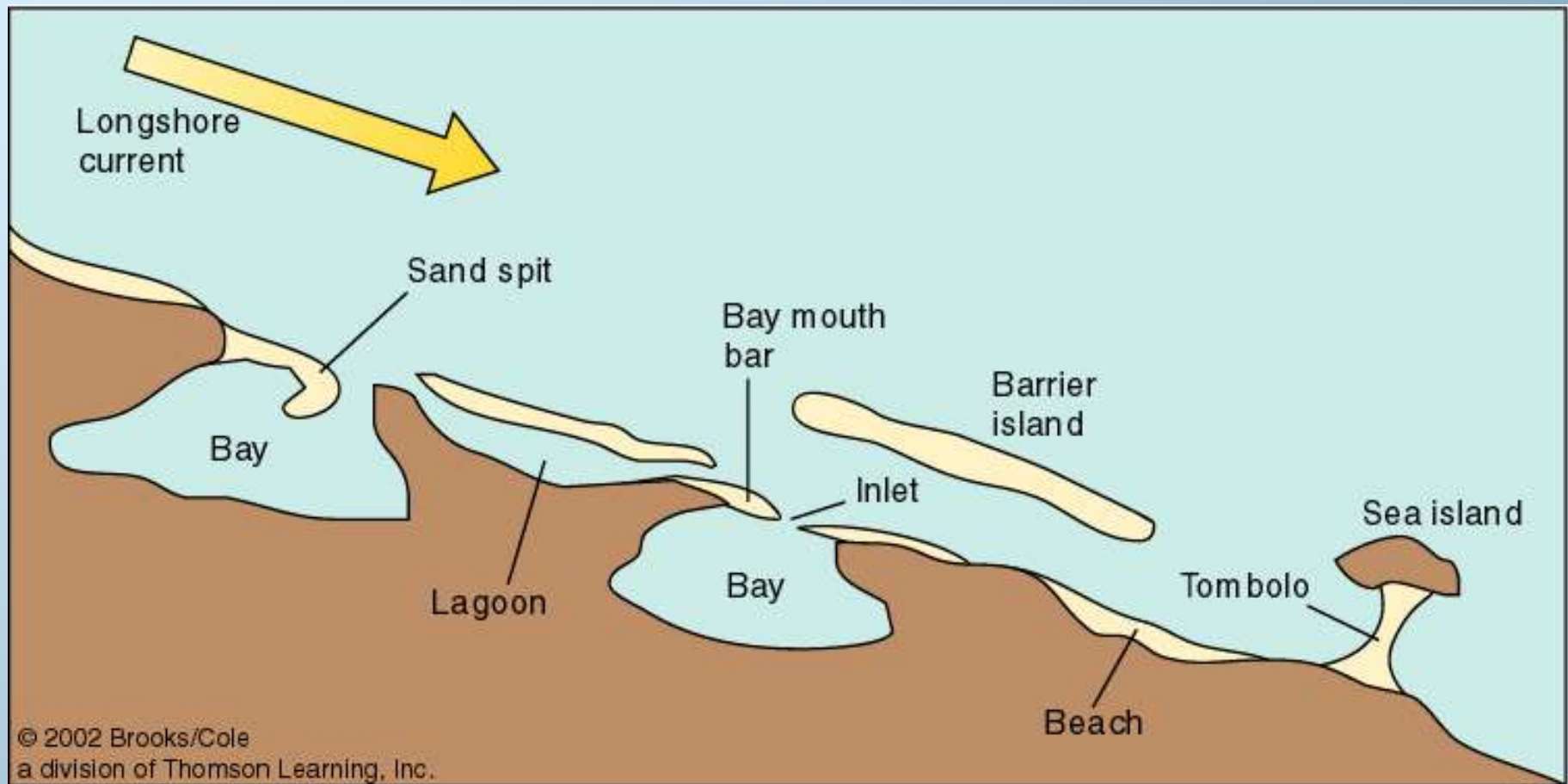
Costas Secundarias



Las Olas son algunas de las fuerzas que modelan las costas secundarias.

Características fisiográficas a gran escala de Costas Secundarias (asociadas a la corriente de deriva litoral):

Bahías, lagunas, diversas barras arenosas, entradas, islas de barrera, playas, tómbolo,



Clasificación de Costas:

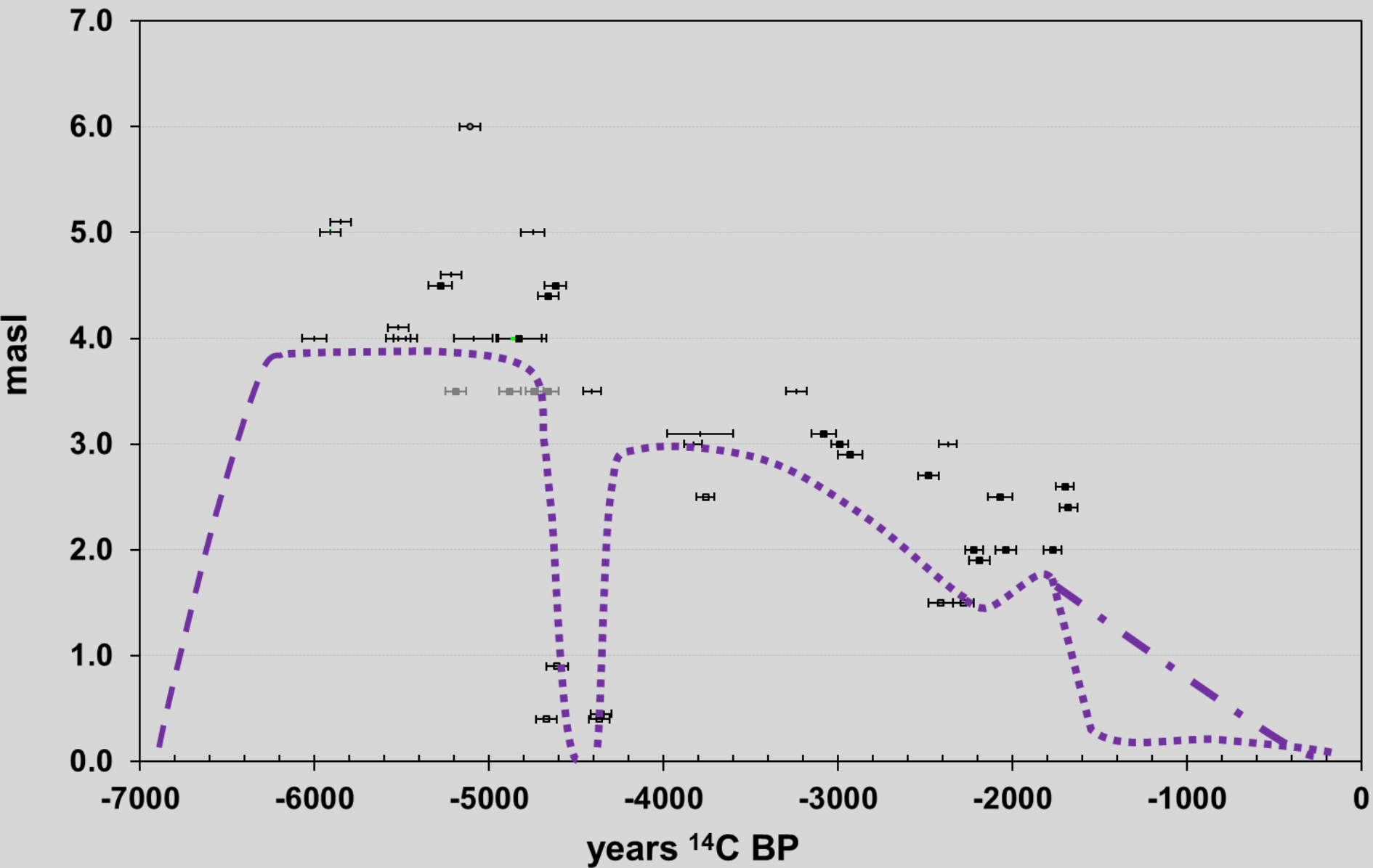
Costas de emersión: resultado del levantamiento de bloques de corteza o al descenso en el nivel del mar.

Formadas por depósitos sedimentarios por encima del nivel actual de las aguas (plataformas de abrasión, acantilados...), con numerosos accidentes litorales deposicionales (albufera, cordones, deltas, etc.).

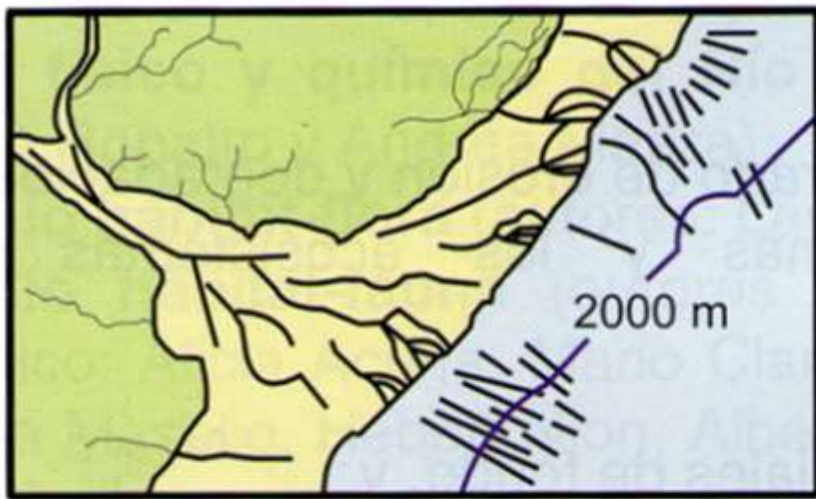
Costas de inmersión o subsidencia: origen en hundimientos tectónicos de bloques o al ascenso generalizado del nivel del mar.

Encontramos desembocaduras fluviales inundadas (estuarios), con costas más o menos accidentadas (llanuras costeras, rías, fiordos, etc.).

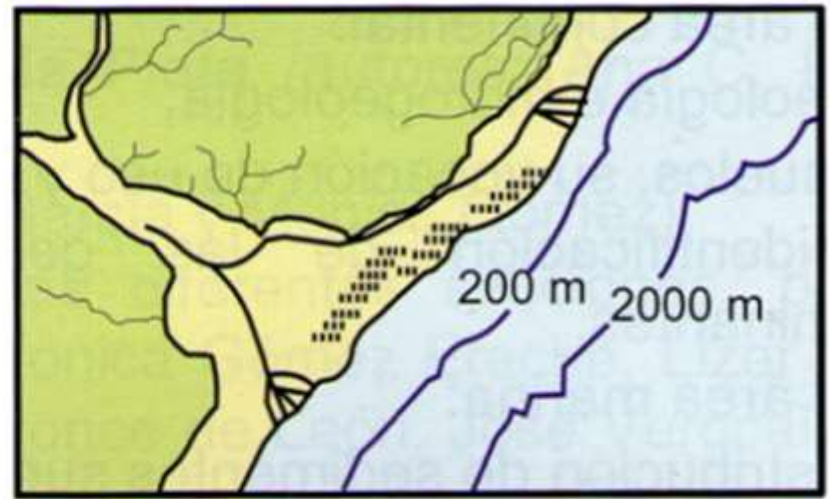
(Método según el cambio relativo del nivel del mar)



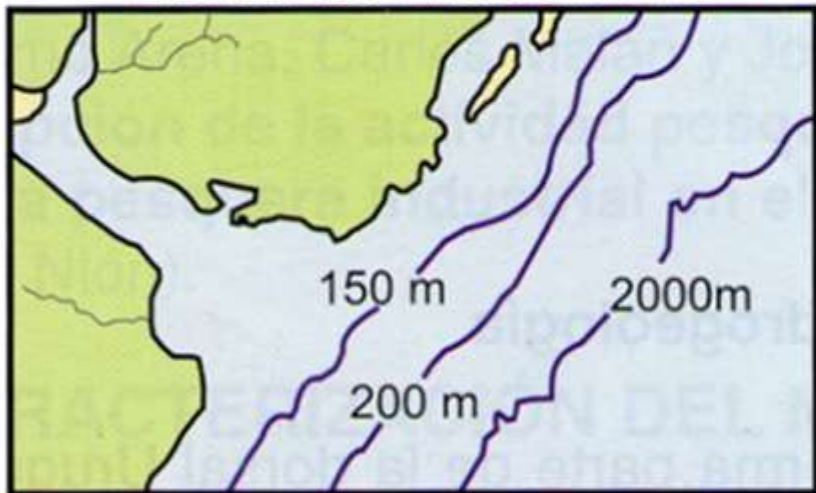
Panario D, Gutiérrez O, Tassano M, Bracco R 2019. OSL dating of lagoon geofoms as proxies of marine levels for the Late Holocene, *in*: Inda H, García-Rodríguez F (Eds), *Advances in Coastal Geoarchaeology in Latin America*, The Latin America Studies Book Series. Springer, Dordrecht, (in press). doi:10.1007/978-3-030-17828-4_3



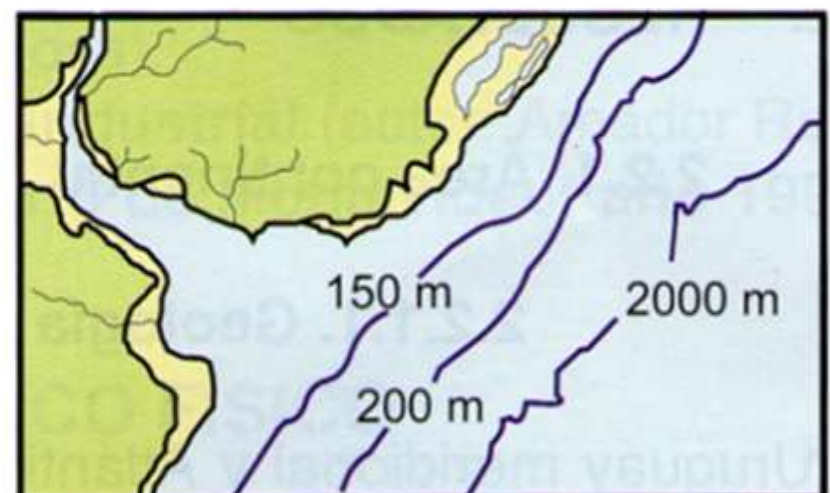
Previo a los 14.000 a. A. P.



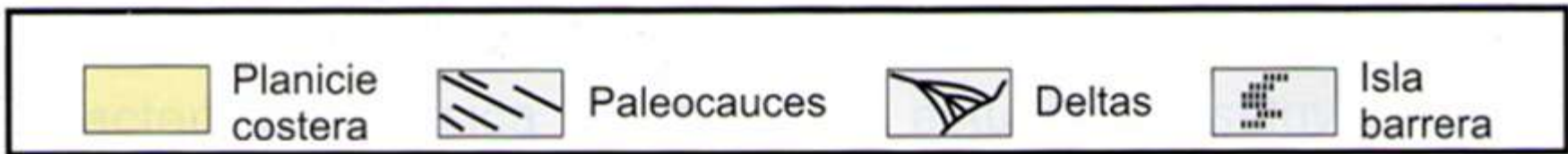
11.000 a 6.000 a A. P.



6.000 a 4.000 a. A. P.



4.000 a. A. P. al Presente



Evolución reciente del Río de la Plata

(según Urien y Ottman, 1971, en Giordano y Lasta, 2004)

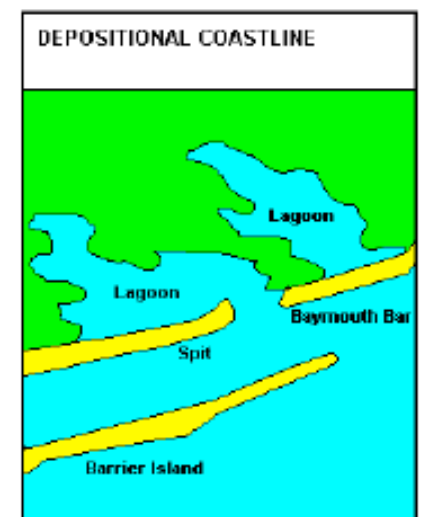
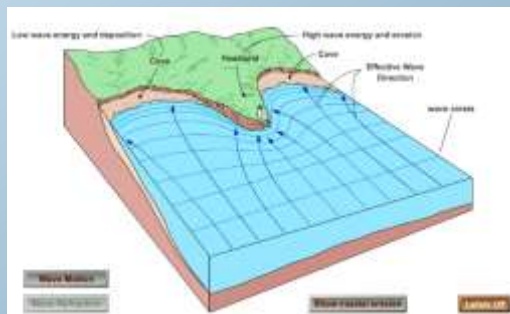
Clasificación de Costas:

Costas de avance o acumulación: Proceden fundamentalmente de arrastre fluvial.

Presentan gran cantidad de sedimentos aluviales, siendo sus costas bajas, llanas y rectas, y abundancia de formaciones como deltas, arrecifes, barras, albuferas, etc.

Costas de erosión o abrasión: Los materiales proceden de la erosión y transporte por el agua marina.

Estas a su vez pueden ser altas, rocosas, con acantilados, fiordos, bahías, etc., o bajas arenosas, formando las playas.



(Método según la procedencia de los materiales)

Playas

Una **playa** es una zona de partículas sueltas que cubren una orilla.

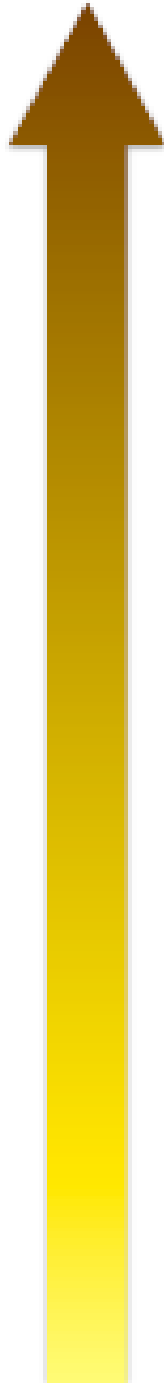
Las partículas mayores están asociadas con playas con más pendiente.

Table 12.1 The Relationship Between the Particle Size of Beach Material and the Average Slope of the Beach

Type of Beach Material	Size (mm)	Average Slope of Beach
Very fine sand	0.0625–0.125	1°
Fine sand	0.125–0.25	3°
Medium sand	0.25–0.50	5°
Coarse sand	0.50–1.0	7°
Very coarse sand	1–2	9°
Granules	2–4	11°
Pebbles	4–64	17°
Cobbles	64–256	24°

Source: Shepard, 1973.

© 2002 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc.



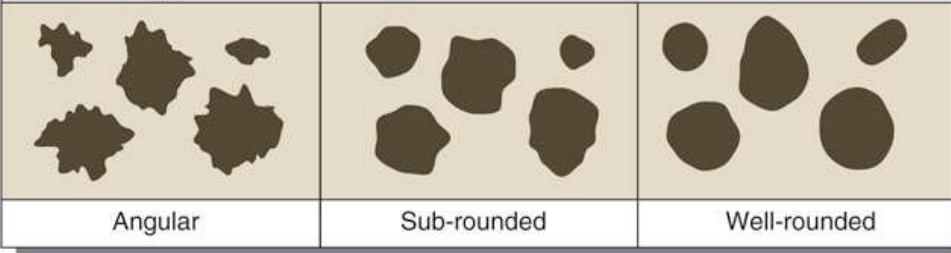
Boulders
>256 mm



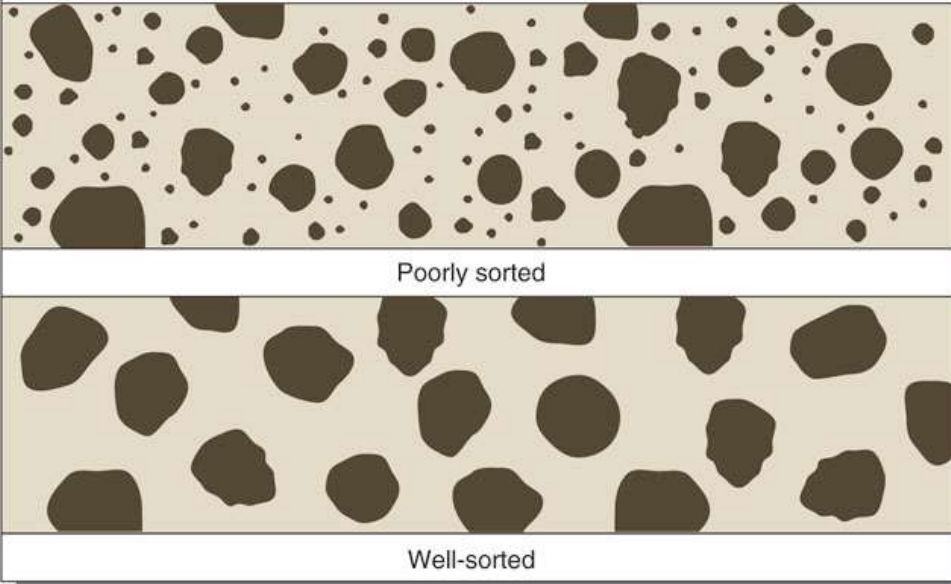
A. Grain size

"Gravel" > 2mm	Pebbles 4-64 mm	
	Granules 2-4 mm	
	Coarse sand 0.5-2 mm	
	Medium sand 0.25-0.5 mm	
	Fine sand 0.06-0.25 mm	
	Silt 0.004-0.06 mm	
Clay < 0.004 mm		

B. Rounding

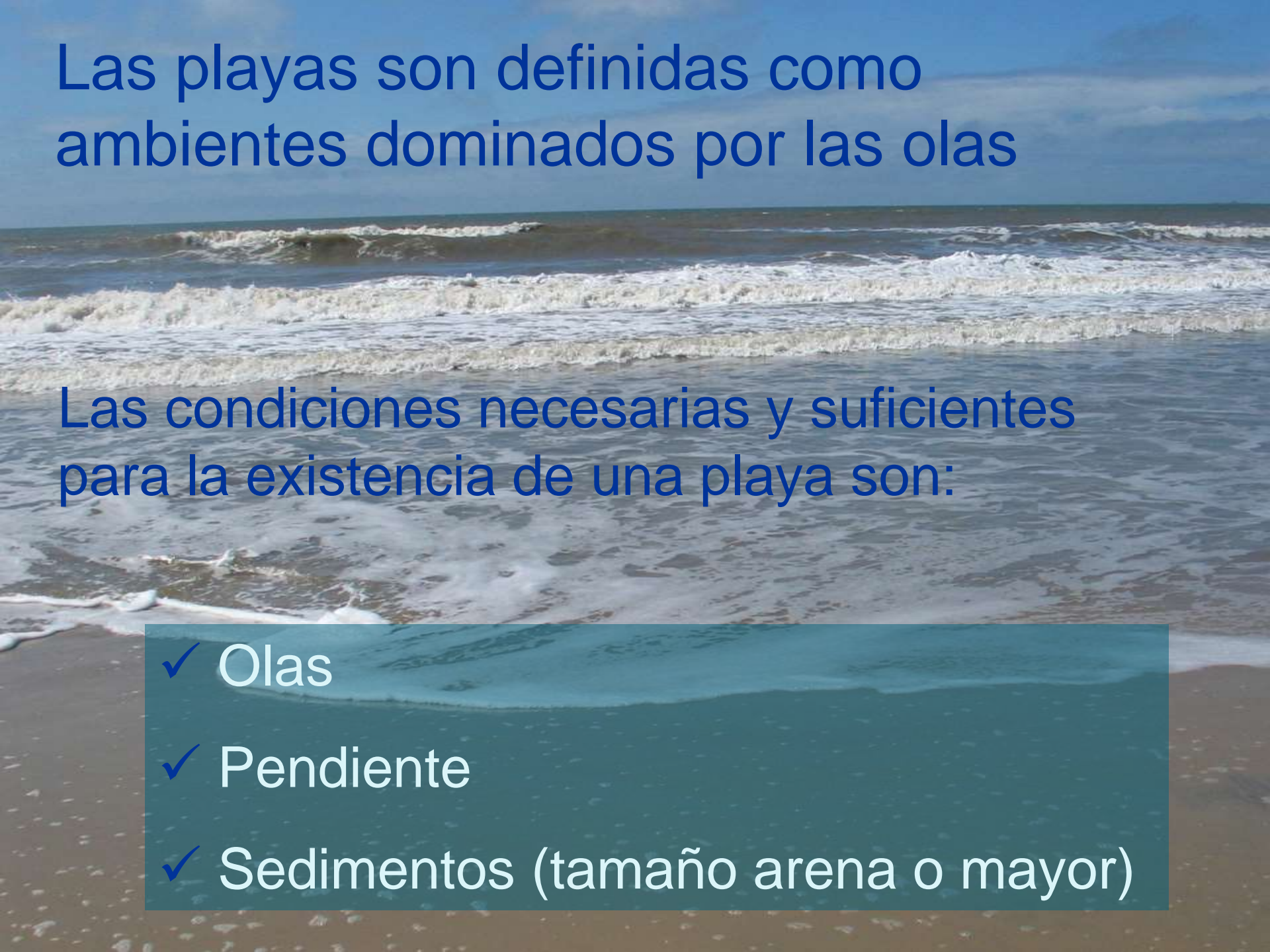


C. Sorting



D. Grains and matrix

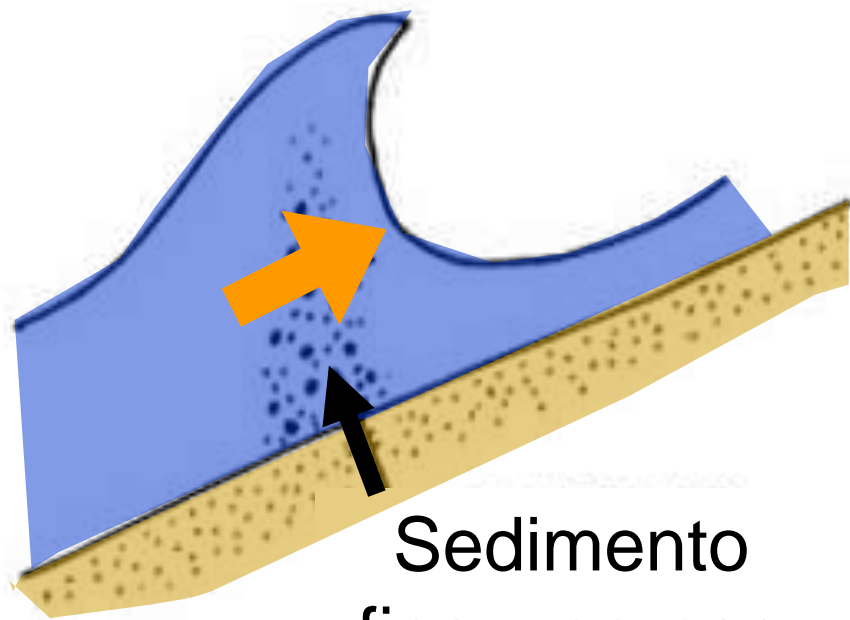




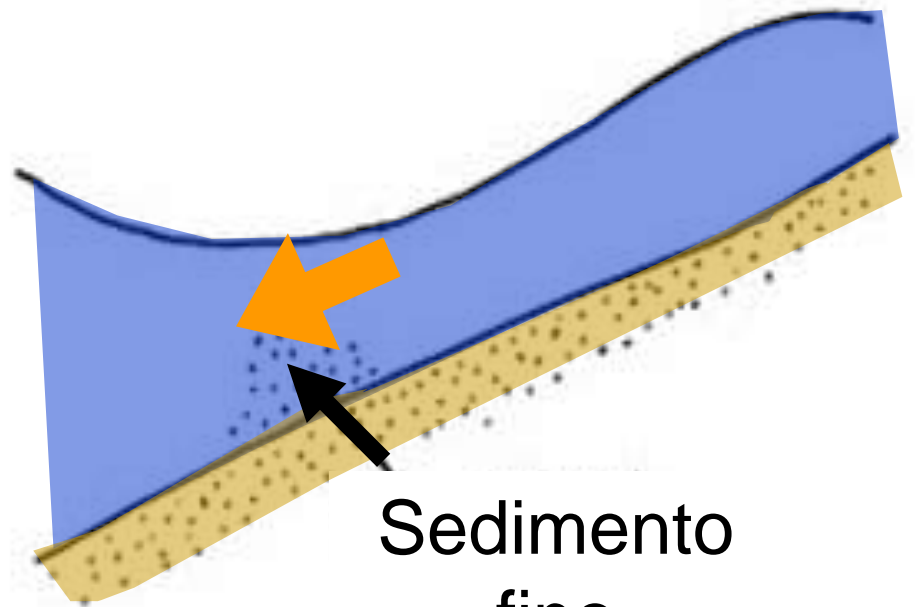
Las playas son definidas como ambientes dominados por las olas

Las condiciones necesarias y suficientes para la existencia de una playa son:

- ✓ Olas
- ✓ Pendiente
- ✓ Sedimentos (tamaño arena o mayor)



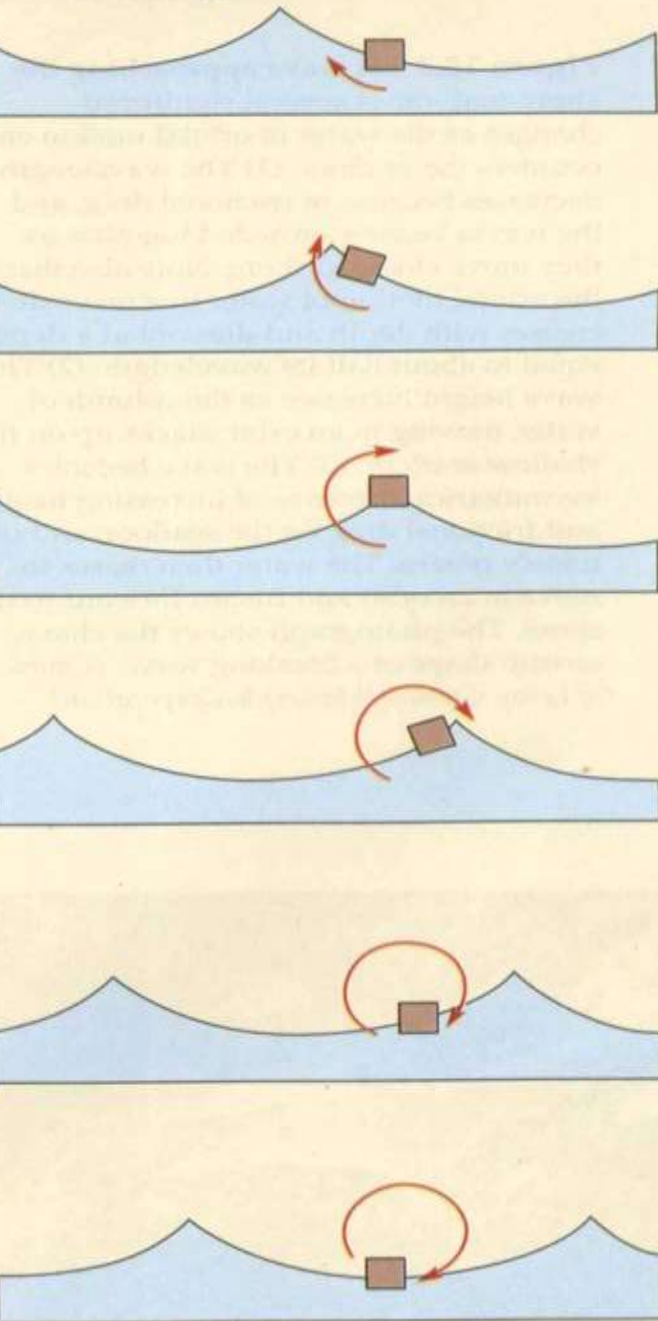
Sedimento
fino y grueso



Sedimento
fino

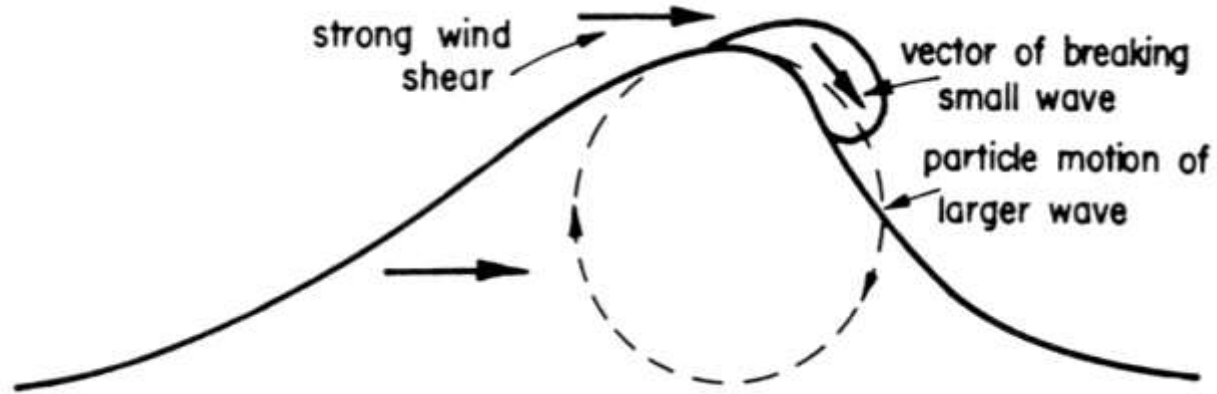
Efecto de la ola seleccionando los tamaños de partículas de la granulometría disponible

Dirección de avance de las ondas



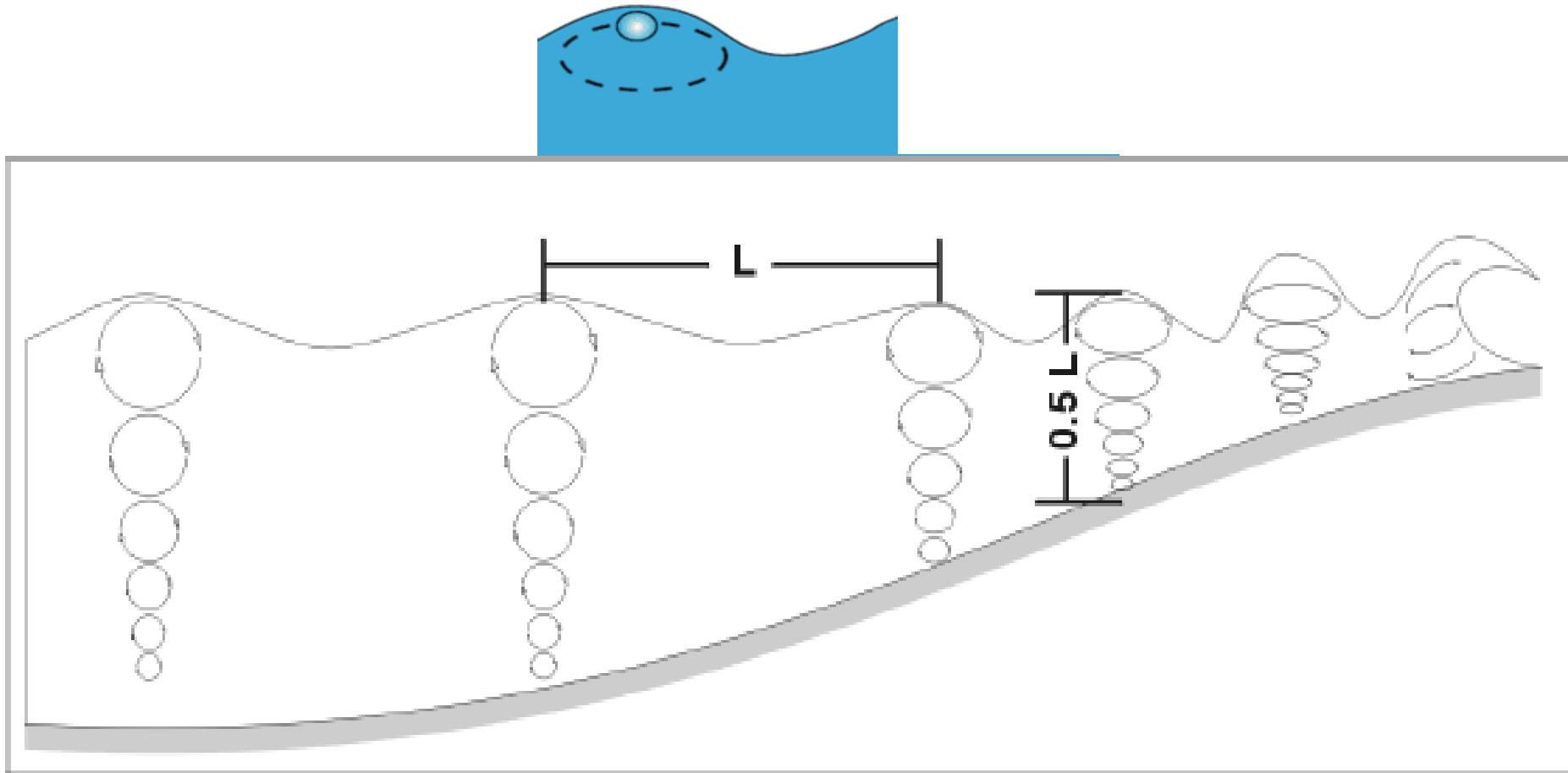
Olas

Silvester and Shu, 1993

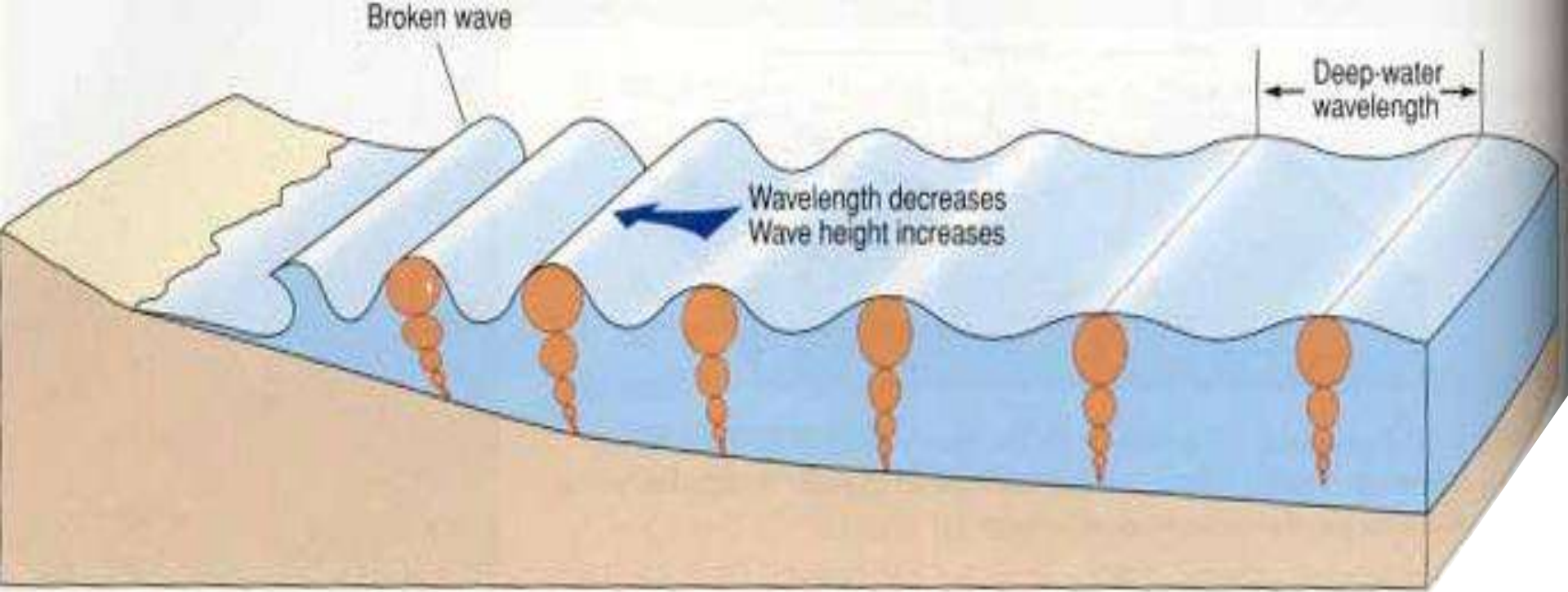


Cuando la ola avanza cada partícula adquiere el movimiento de un objeto flotante, moviéndose en una orbita que retorna a su posición original

Hamlin and Christiansen, 1998

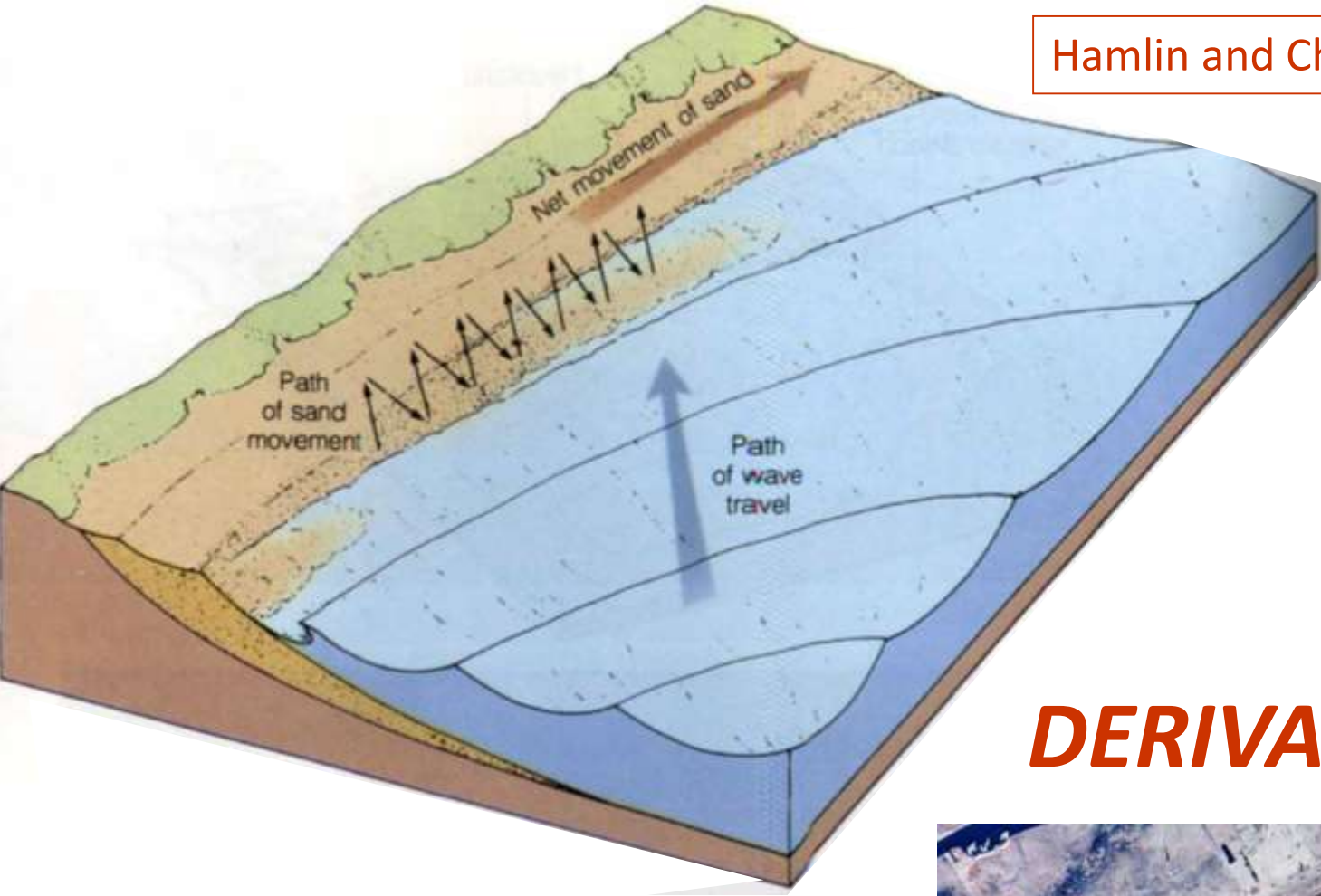


Las ondas empiezan a sentir el fondo cuando la profundidad es aproximadamente la mitad de la longitud de la onda, pero el efecto es significativo cuando la relación es entre $1/3$ y $1/4$. Cuando la velocidad de la cresta excede a la del seno de la onda, el movimiento orbital se desequilibra, y se dice que la onda rompe (Komar, 1976).



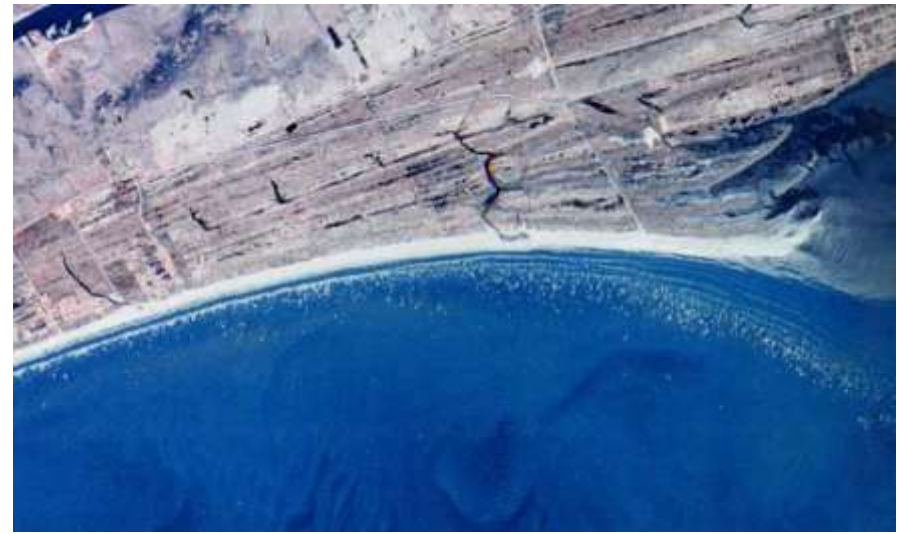
Al acercarse a la costa decrece la separación entre ondas, y aumenta su altura. La fricción del fondo frena el movimiento y las ondas se tornan asimétricas.

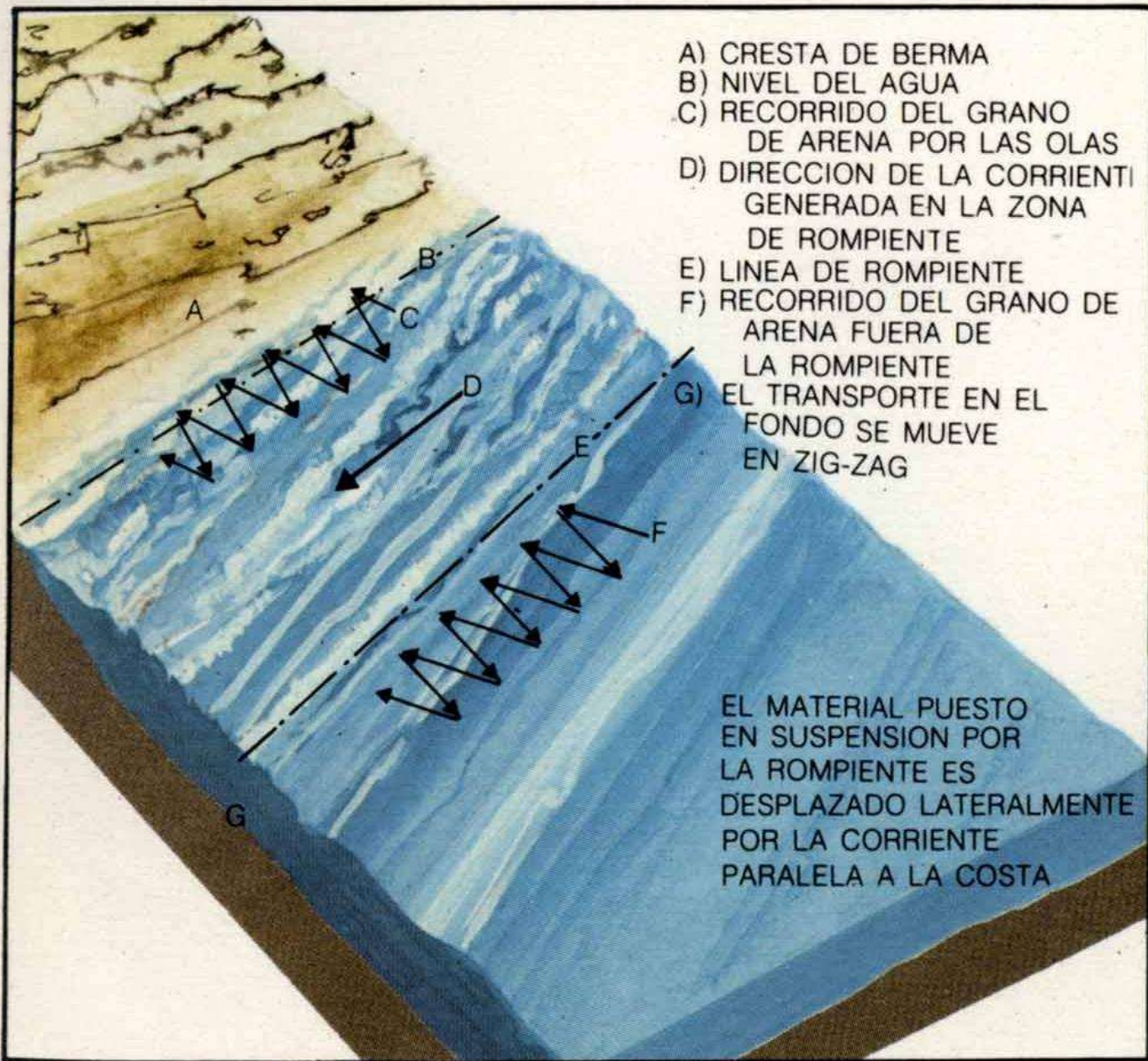




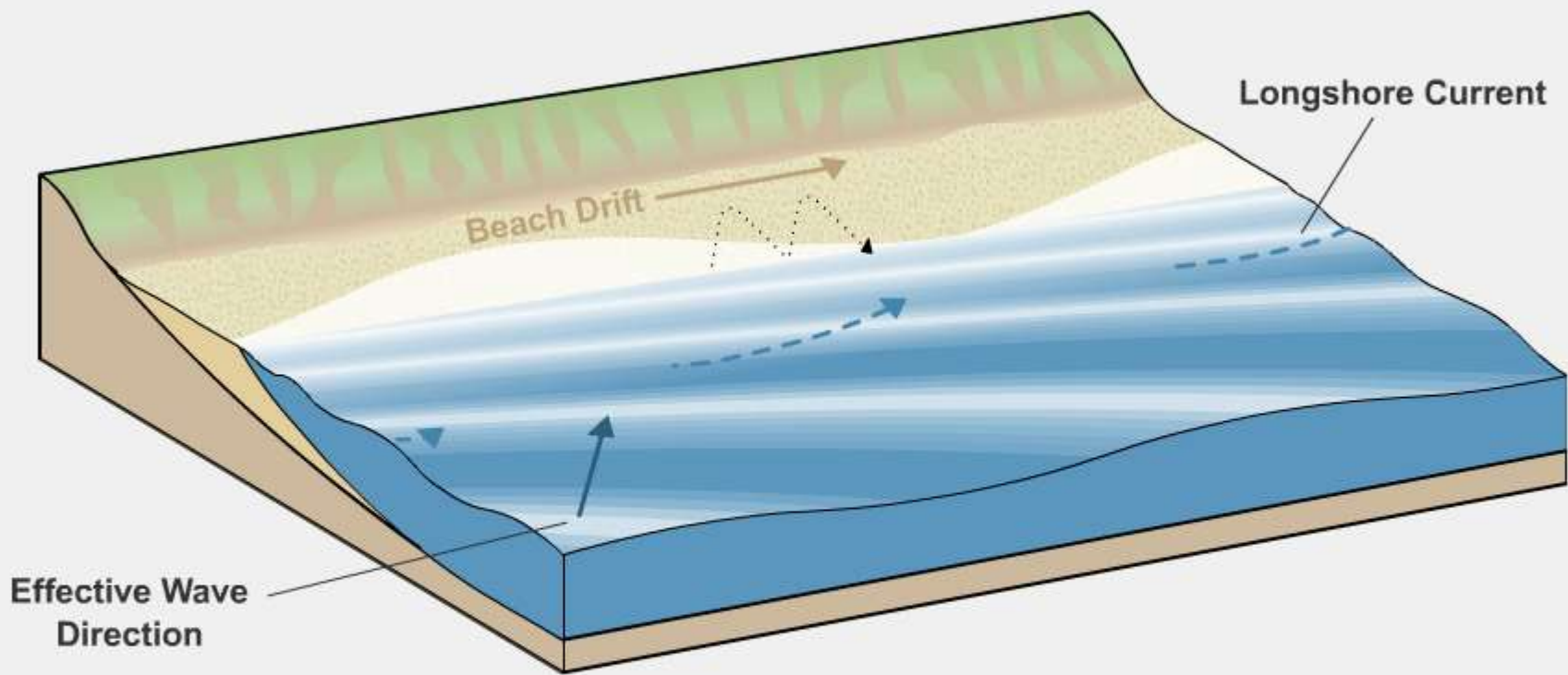
DERIVA LITORAL

Cuando los trenes de olas llegan en ángulo oblicuo, se producen corrientes longitudinales.





Movimiento lateral de la deriva litoral



Labels Off



Avance en zig zag

Deriva

Zona de surf



La Esmeralda, Rocha.
Vuelo DINAMA

**Nótese el ángulo de
incidencia del swell**



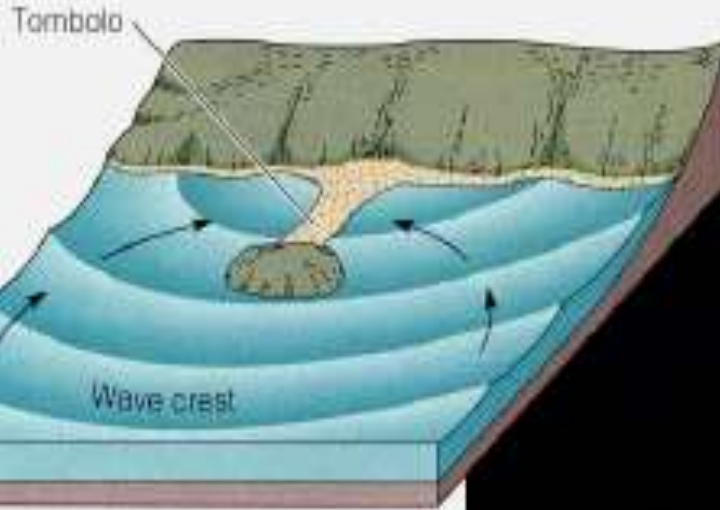
Direcciones de transporte

Landsat 5TM 18/10/1999

escena 222-084 Bandas 753

Tómbolo

Hamlin and Christiansen, 1998

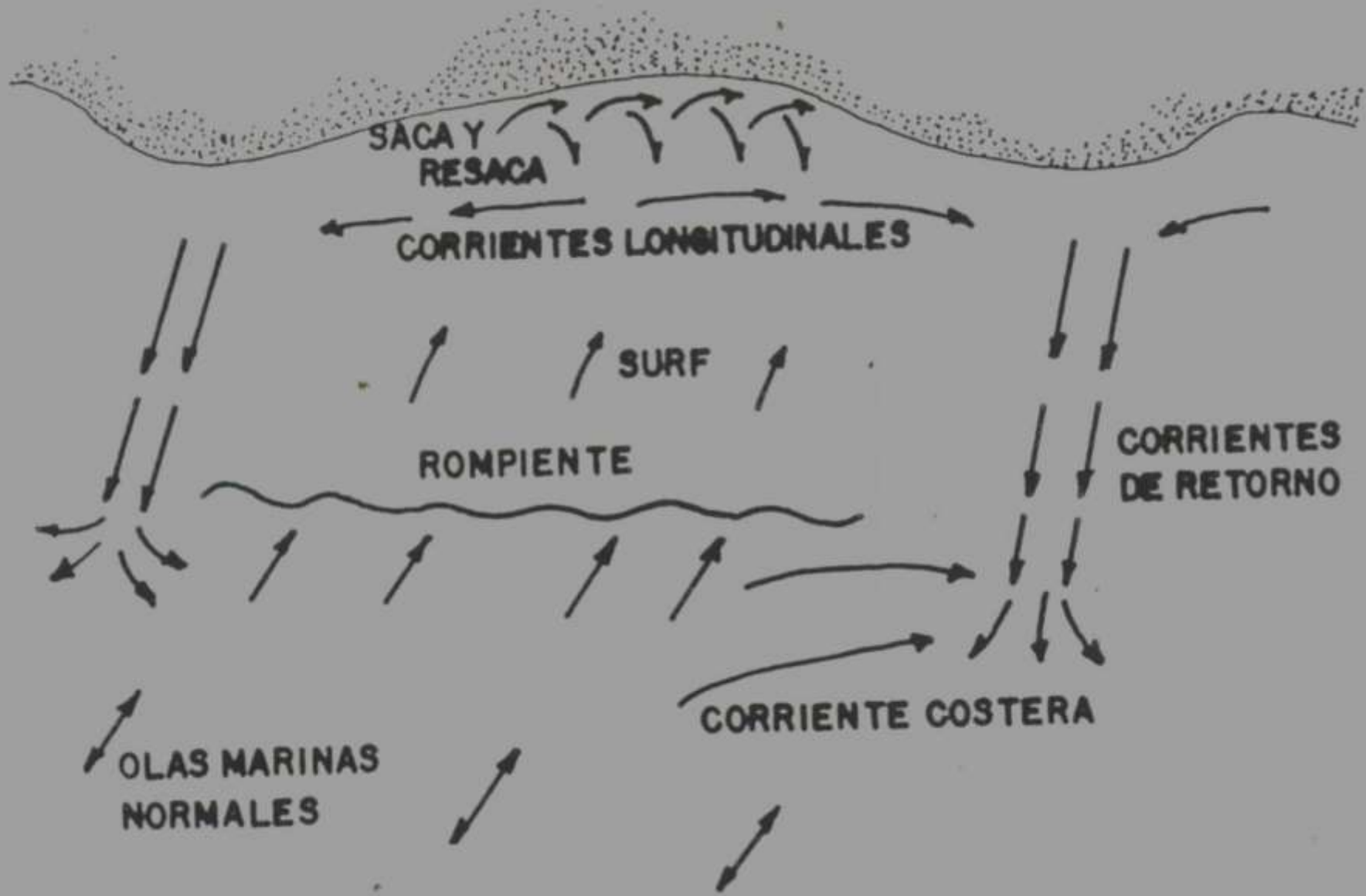


(a)



(b)

Deriva convergente



Distribución en planta de las corrientes derivadas del oleaje, circulación en alvéolos (Spalleti, 1980)

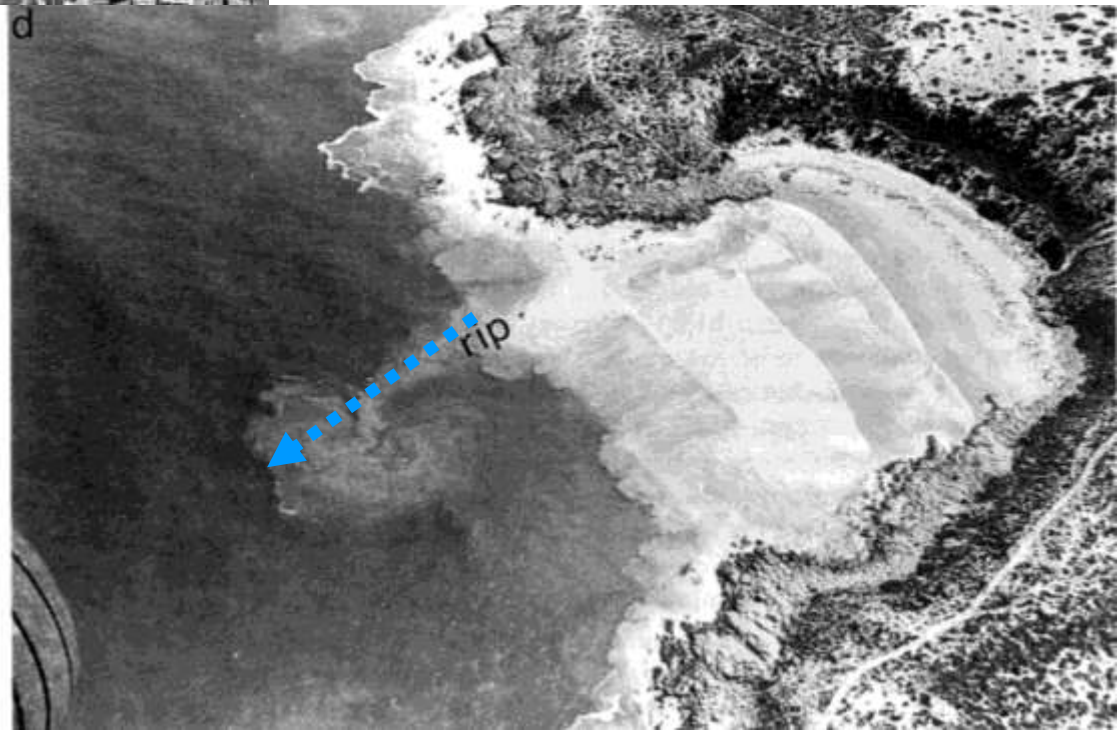
Dee Why Beach, Australia

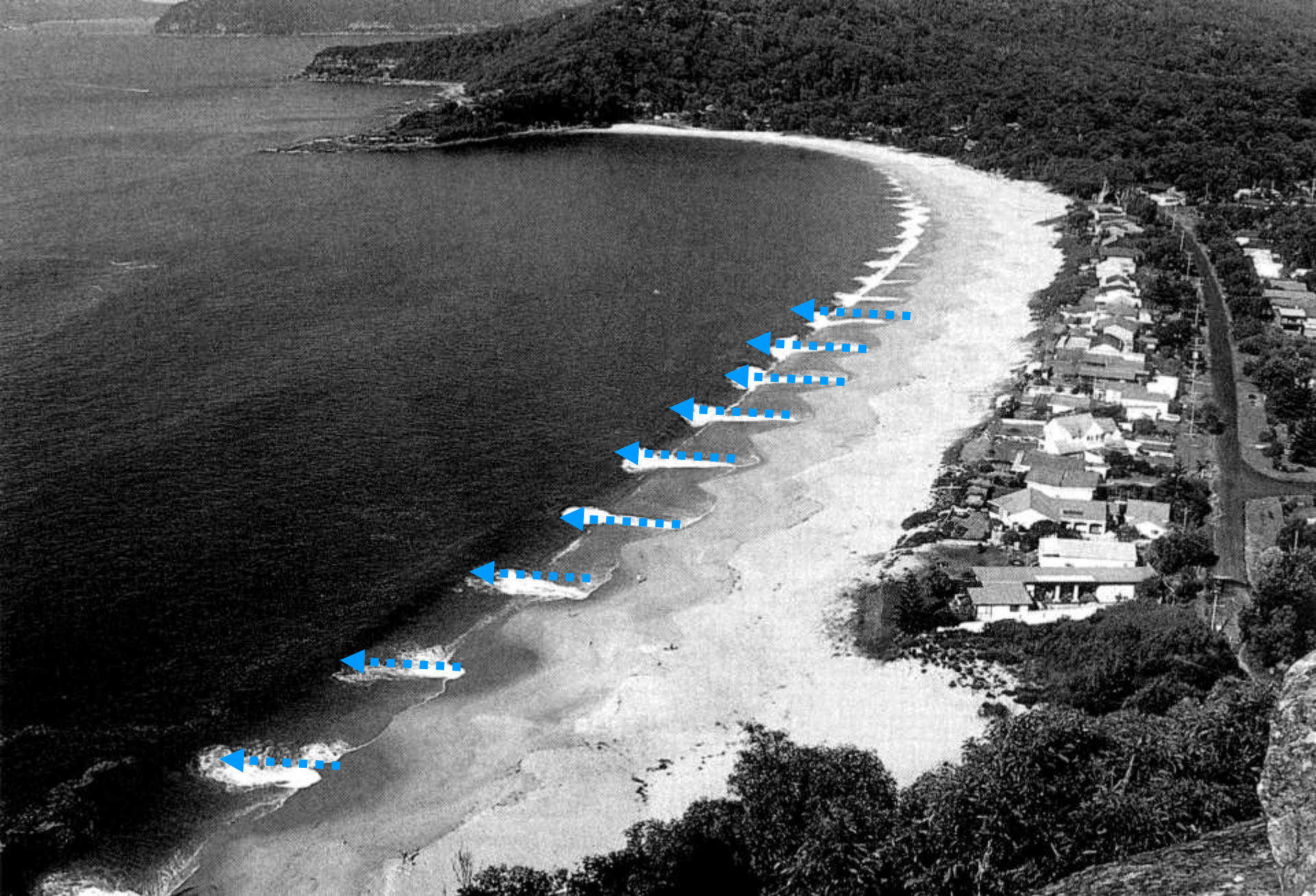


Short, 1999

**Circulación
controlada por
cabos**

Point Peter, WS Australia





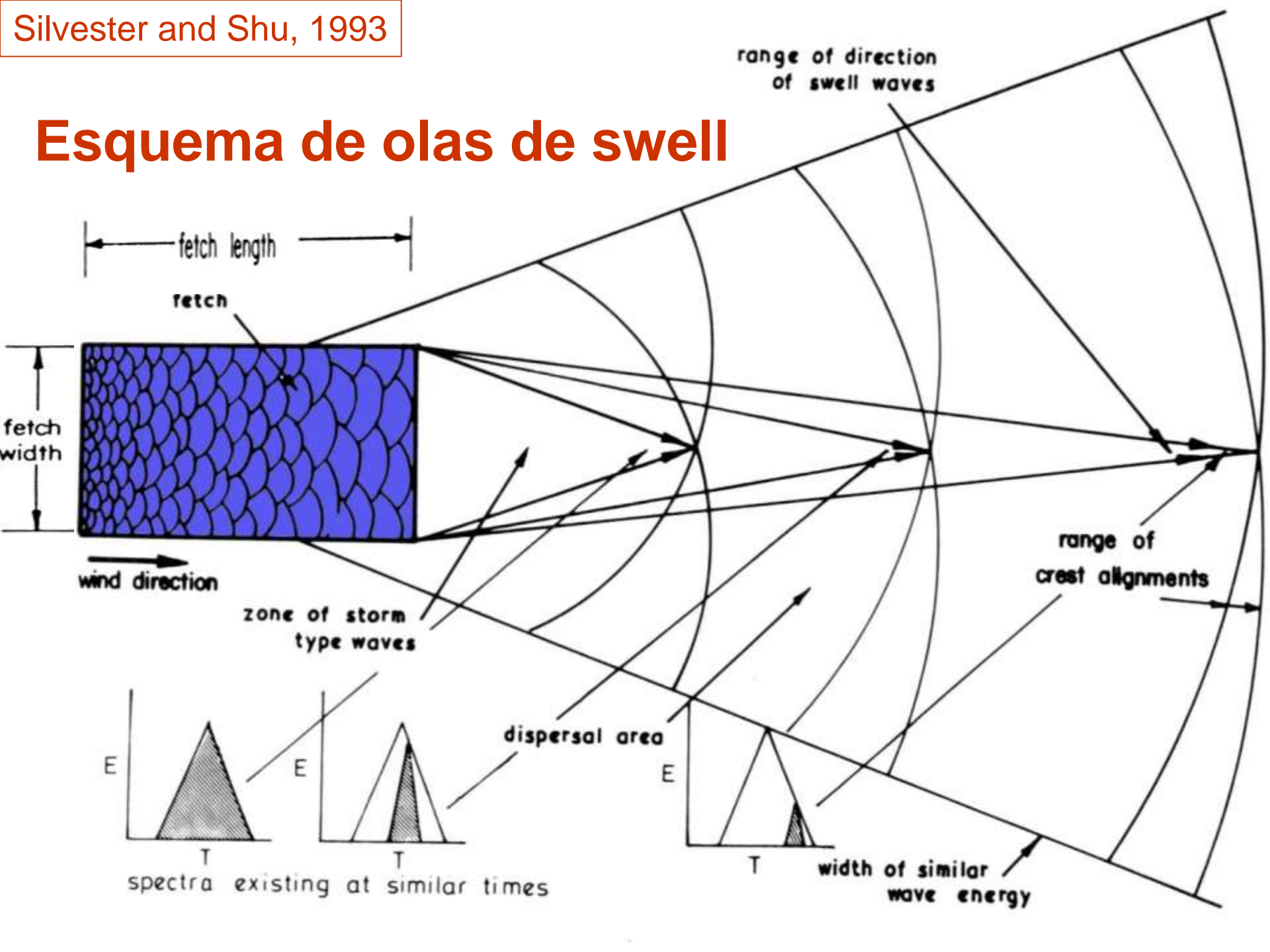
Pearl Beach, Australia

Short, 1999



17/04/2005

Esquema de ondas de swell



Productos característicos de la dinámica litoral

Fenómenos destructivos

Si predomina el desgaste, arranque y transporte, se generan vaciados o denudaciones:

- Meteorización (bioquímica y física) favorecida por la agresividad del agua marina (salinidad, ionización) y presencia de organismos vivos.

Fenómenos constructivos

Swell (olas de mar de fondo, vientos suaves y moderados)

Mareas

Oscilaciones periódicas en el nivel medio de las aguas estabilizadas (océanos, mares, grandes lagos) debido a interacciones gravitatorias Tierra-Luna-Sol).

Las condiciones morfológicas y dinámicas locales: tamaño, profundidad y topografía de la cuenca, influyen en la magnitud de los ascensos y descensos (pleamar y bajamar).

Micromareales menos de 2m

Mesomareales entre 2 a 4m

Macromareales mayores de 4m

Zona Intermareal: Franja sometida al ambiente subacuático y subáreo alternativamente, soporta fenómenos de sedimentación, meteorización, actividad biológica y acción del oleaje.

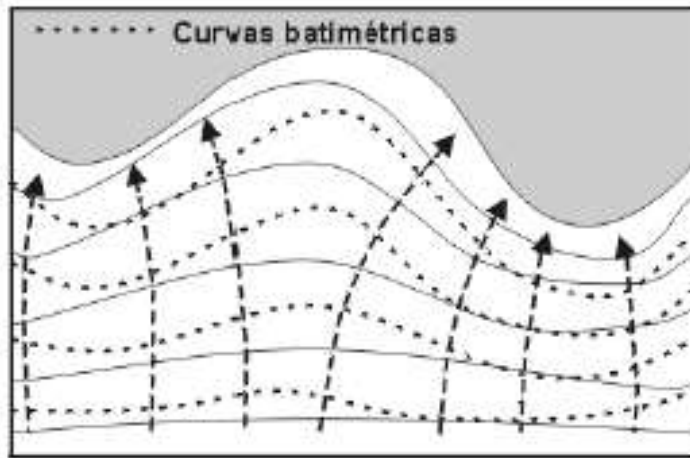
El oleaje incidente puede experimentar una serie de modificaciones:

- **Refracción:** retroceso o retardo del frente de olas que oscila y se sitúa sensiblemente paralelo a las línea de costa.
- **Difracción:** transferencia de la energía a sotavento (concentración) respecto a un obstáculo o cabo, particularmente su cuello, originando arcos en su entorno.

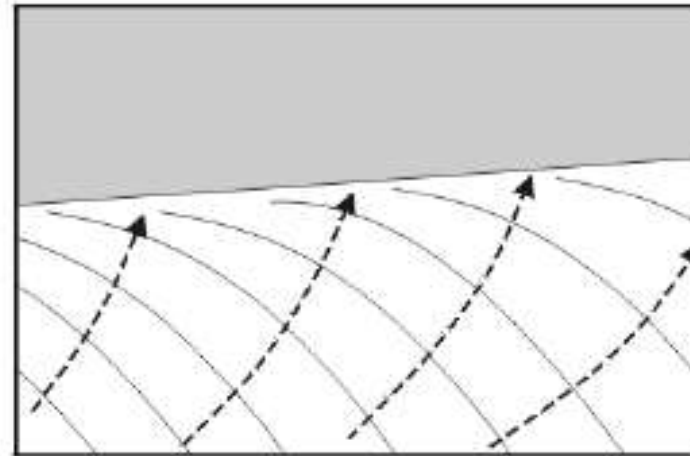
Remueven protuberancias. “Simplifican la costa”.
Genera corrientes longitudinales.

Tendencia a construir costas rectas, y arcos entre puntos duros cuando son resistentes.

REFRACCIÓN

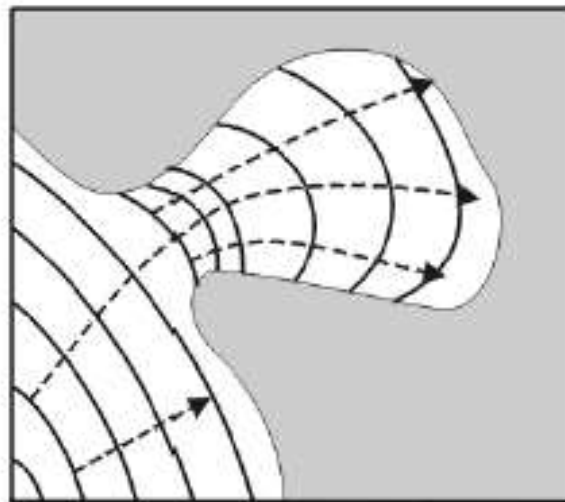


Costa con entrantes e saíntes

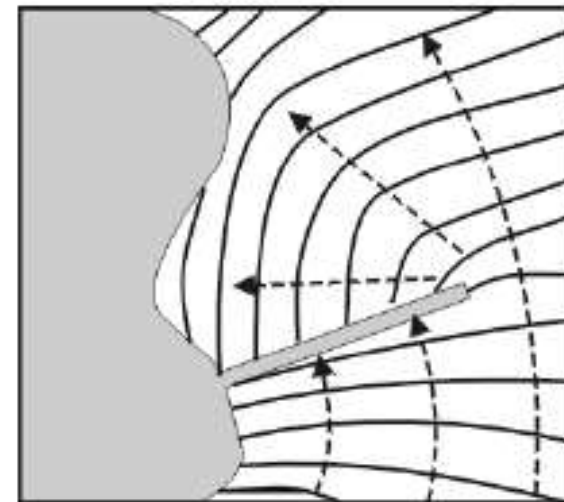


Costa rectilínea

DIFRACCIÓN



Por un paso estreito

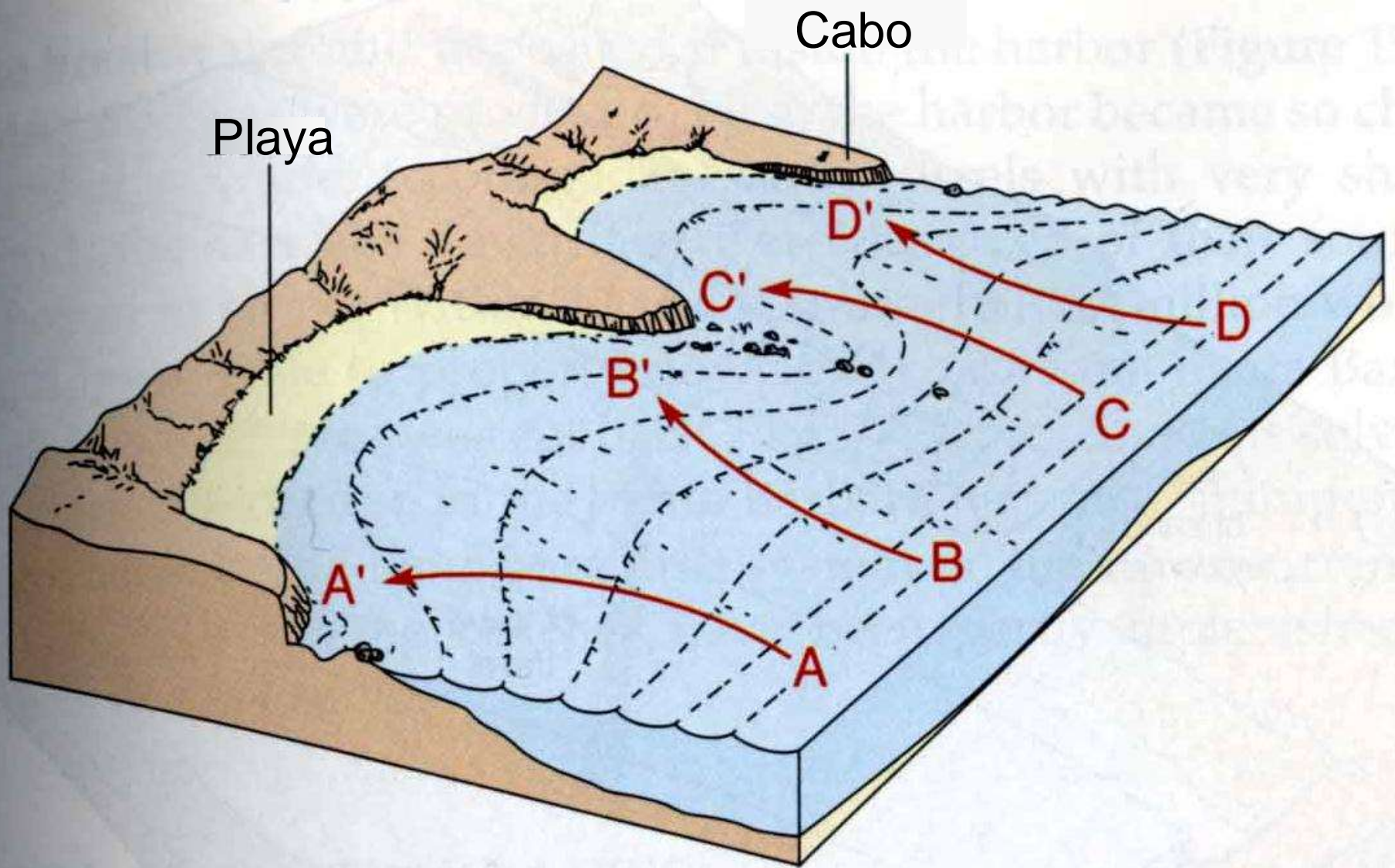


Por un saínte

— Tren de olas

- - - -> Ortogonais

Komar, 1976



La refracción concentra energía en los cabos y dispersa al interior de las bahías.

Balance dado por intensidad y ritmo:

- Fenómenos de alta frecuencia y baja intensidad:
oleaje, mareas y corrientes.

- Fenómenos de baja frecuencia y alta intensidad:
oleaje de tormenta, variaciones en el nivel del mar por mareas excepcionales.



Nuestras playas mayoritariamente están en equilibrio inestable, debe existir un balance entre entradas y salidas de sedimentos.

En las playas de equilibrio inestable, la resultante de transporte está dominada por las olas de mar de fondo.

09/10/2004

Tipos de playa

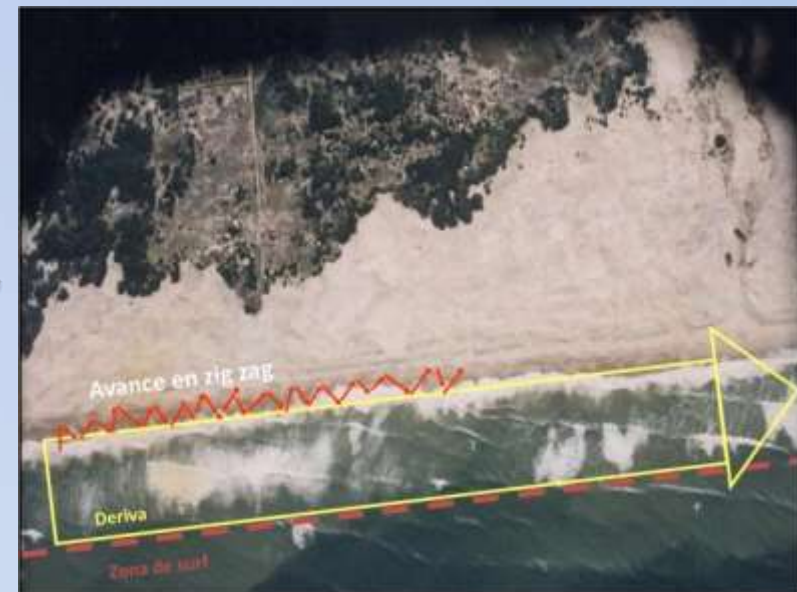
Equilibrio estable

- Playas de bolsillo

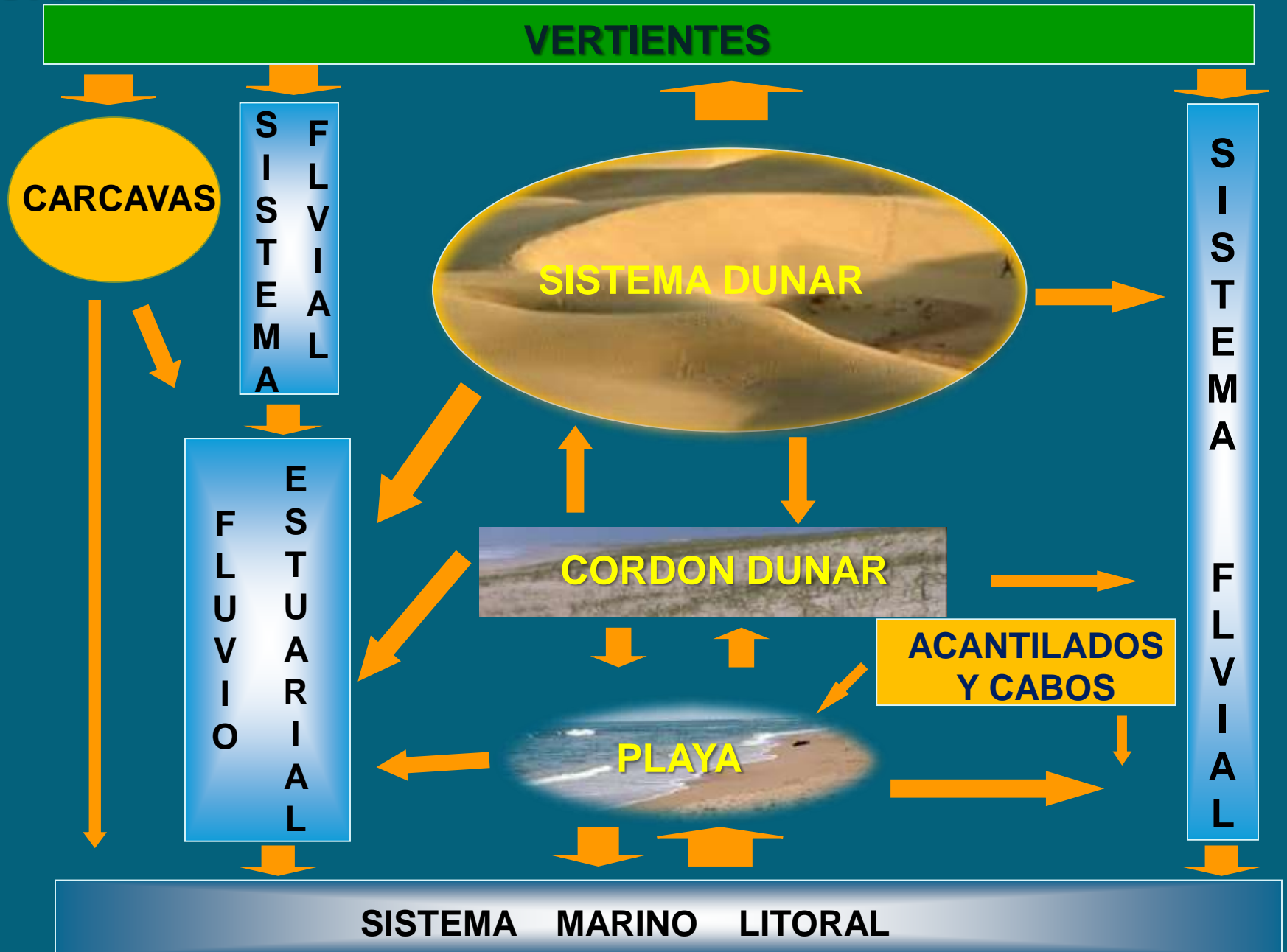


Equilibrio inestable

- Playas con deriva



CICLO DE LA ARENA



Las fuentes de sedimentos

56

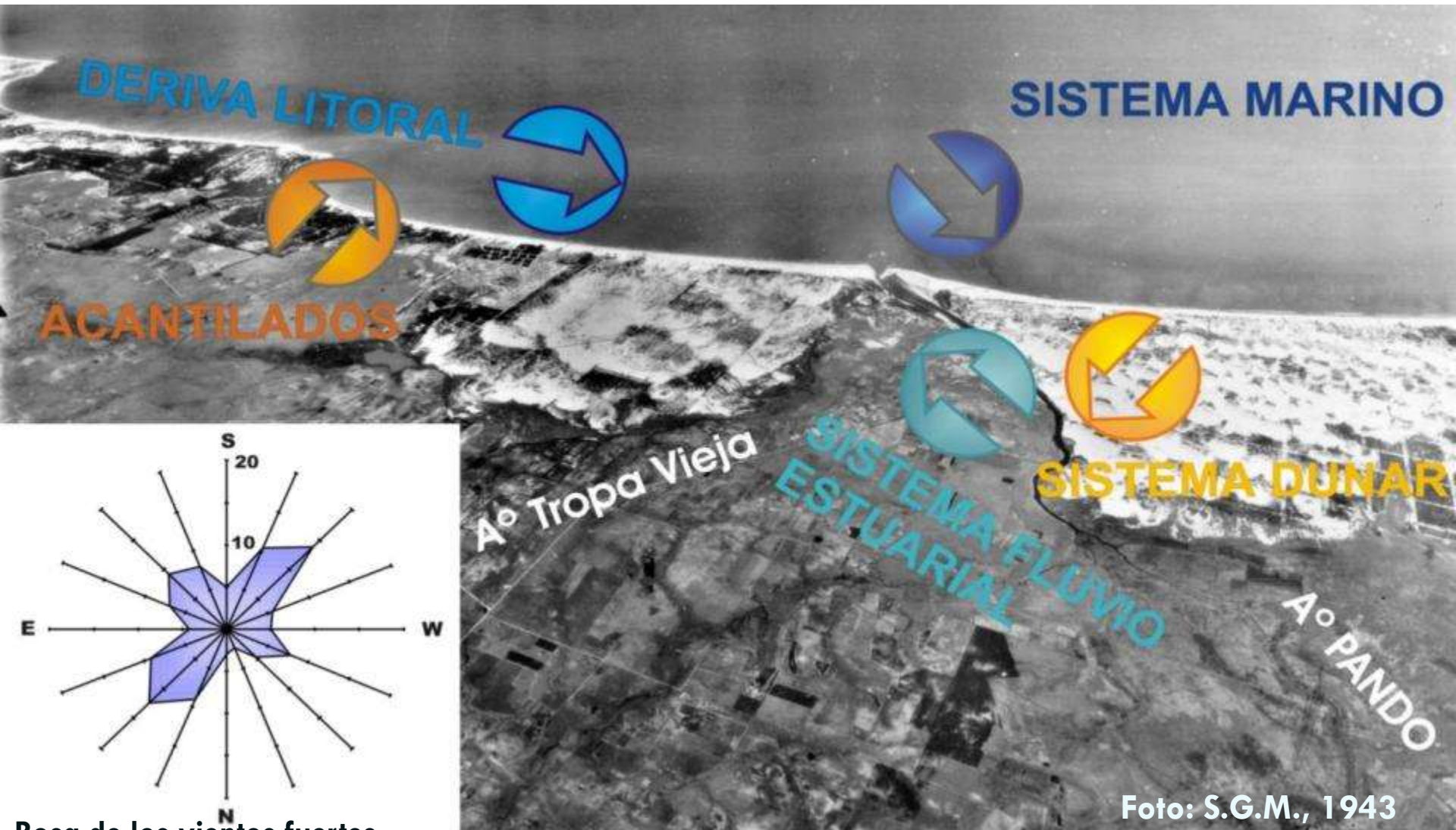


Foto: S.G.M., 1943

Rosa de los vientos fuertes

Deposition

Erosion

View Image

Beach Drift

Longshore Current

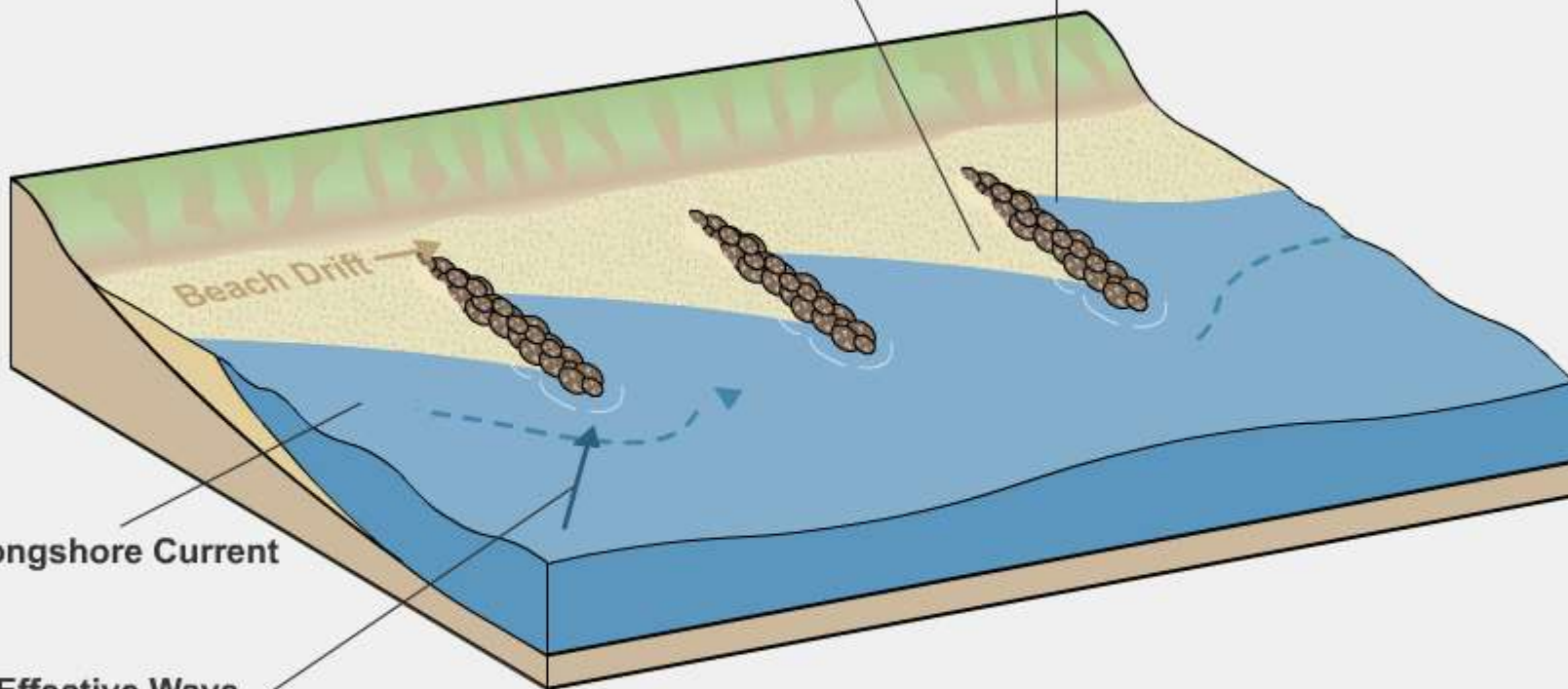
Effective Wave Direction

Remove Groins

Add Jetties

Add Breakwater

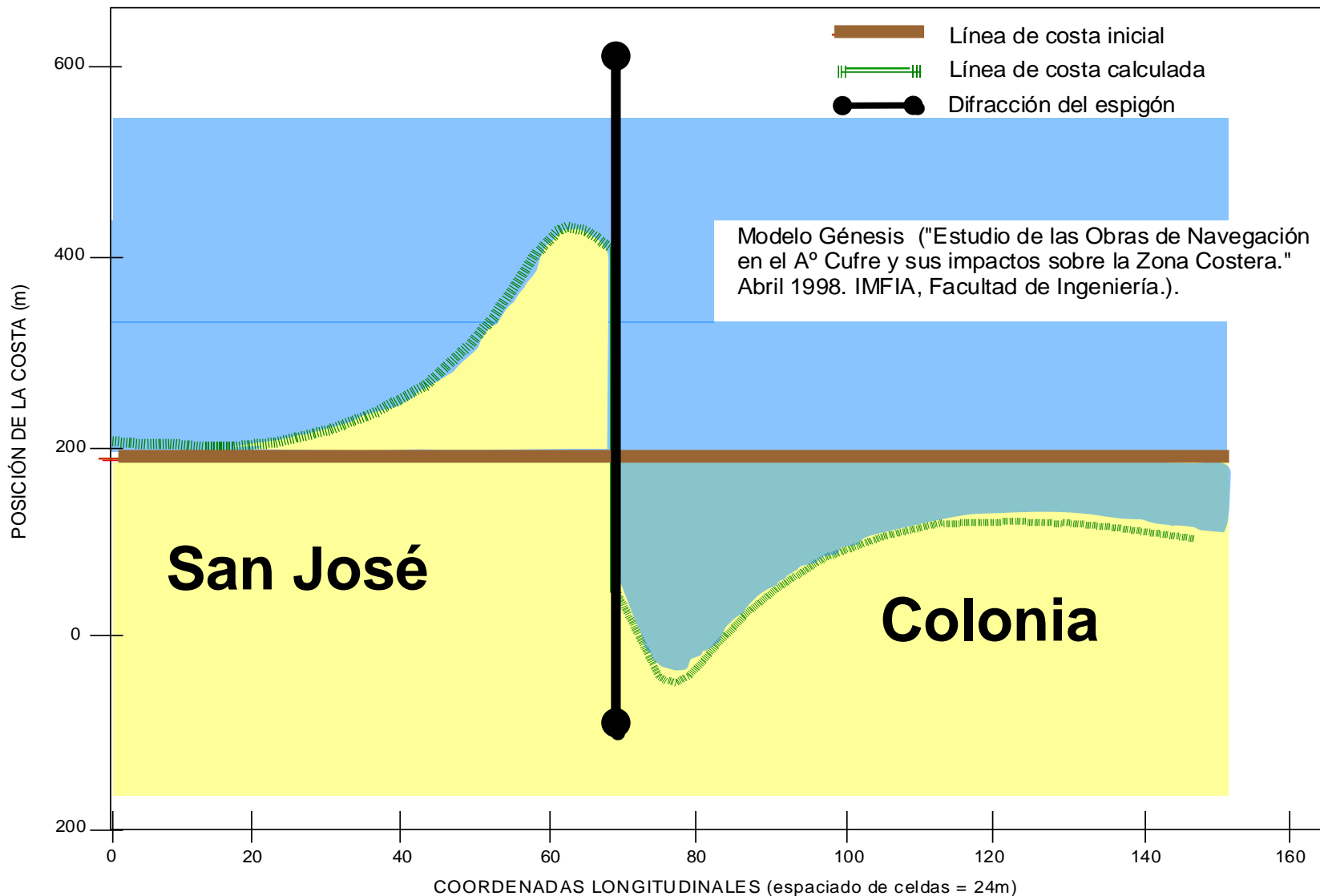
Labels Off



Espigón construido en la Boca del Cufre, interrumpiendo el tránsito de sedimentos de las playas del Dpto. de San José hacia Colonia.



ARROYO CUFRE - Simulación de 15 años



Transporte neto de arena:

30.000 a 50.000 m³ año⁻¹ (IMFIA, 1998)

67.000 m³ año⁻¹ (MTO-PNUD-UNESCO, 1980)

Noviembre 1998.

**Espigón de Boca del Cufre.
Se observa la dirección
predominante del transporte
de sedimentos.**







01/02/2005

Playa Los Pinos: Efectos del temporal de fines de enero.

Fotografía Dino Jourdan



Playa Los Pinos

Fotografía previa al temporal, con colores diferentes se señalan los troncos de los pinos para ver el efecto del temporal sobre la playa

25/07/2004



Playa Los Pinos

Fotografía posterior al temporal, con colores diferentes se señalan los troncos de los pinos para ver el efecto del temporal sobre la playa

01/02/2005

700 km de playas de ambientes dominados por las olas.

Desde un punto de vista geomorfológico, es caracterizada a partir de la **dirección de la deriva, la morfología, la dinámica, salinidad, los controles estructurales subacuáticos y las fuentes de sedimentos** en:



4 sectores:

- a) bajo Uruguay,
- b) estuario interior,
- c) estuario exterior,
- d) costa oceánica.

a su vez se subdividen en tramos menores (unidades funcionales) determinadas a partir de la delimitación de celdas de circulación de sedimentos

700 km de playas de ambientes dominados por las olas.

Desde un punto de vista geomorfológico, es caracterizada a partir de la **dirección de la deriva, la morfología, la dinámica, salinidad, los controles estructurales subacuáticos y las fuentes de sedimentos** en:



4 sectores:

- a) bajo Uruguay,
- b) estuario interior,
- c) estuario exterior,
- d) costa oceánica.

a su vez se subdividen en tramos menores (unidades funcionales) determinadas a partir de la delimitación de celdas de circulación de sedimentos

Límites, Punta Negra y Chuy.



Sector: Costa oceánica



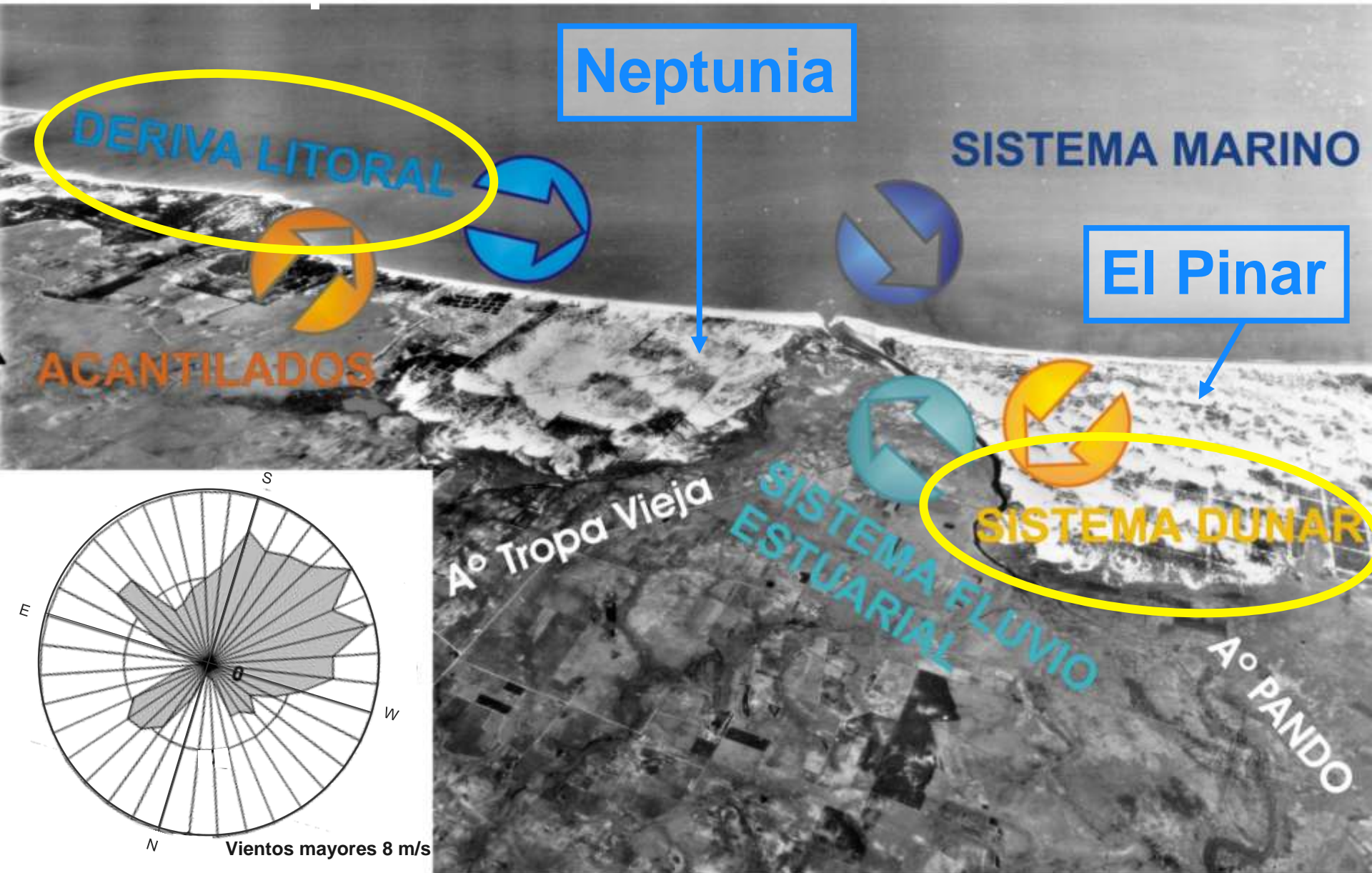
Las flechas blancas delimitan las cinco unidades funcionales de la costa oceánica, de izquierda a derecha:

- i) Punta Negra-Punta del Este;
- ii) Punta del Este-José Ignacio;
- iii) José Ignacio-La Paloma;
- iv) La Paloma-Cabo Polonio;
- v) Cabo Polonio-Chuy.

iii unidades funcionales

Referencias geográficas: 1) Punta Negra, 2) Punta Ballena, 3) laguna del Sauce, 4) Sierra de la Ballena, 5) Punta del Este, 6) arroyo Maldonado, 7) laguna José Ignacio, 8) José Ignacio, 9) laguna Garzón, 10) laguna Rocha, 11) puerto y ciudad de La Paloma, 12) Costa Azul, 13) Cabo Polonio, 14) laguna de Castillos, 15) cerro Buena Vista, 16) arroyo Valizas, 17) playa La Calavera, 18) Aguas Dulces, 19) La Esmeralda, 20) laguna Negra, 21) Cerro de la Viuda, 22) Cabo Verde (rebautizado Punta del Diablo), 23) Parque Nacional de Santa Teresa, 24) Cerro Verde, 25) La Coronilla, 26) balneario Chuy, 27) arroyo Chuy.

Foto del año 1943 del SGM (Servicio Geográfico Militar)



Dirección y frecuencia de los vientos fuertes

Estas son las fuentes de arena:

Desembocaduras

- procesos de erosión y migración del cauce



“Ciclo de la arena” (balance sedimentario costero)

- interrupciones o mermas





PLAYA SUB AÉREA

¿Dominio del viento?

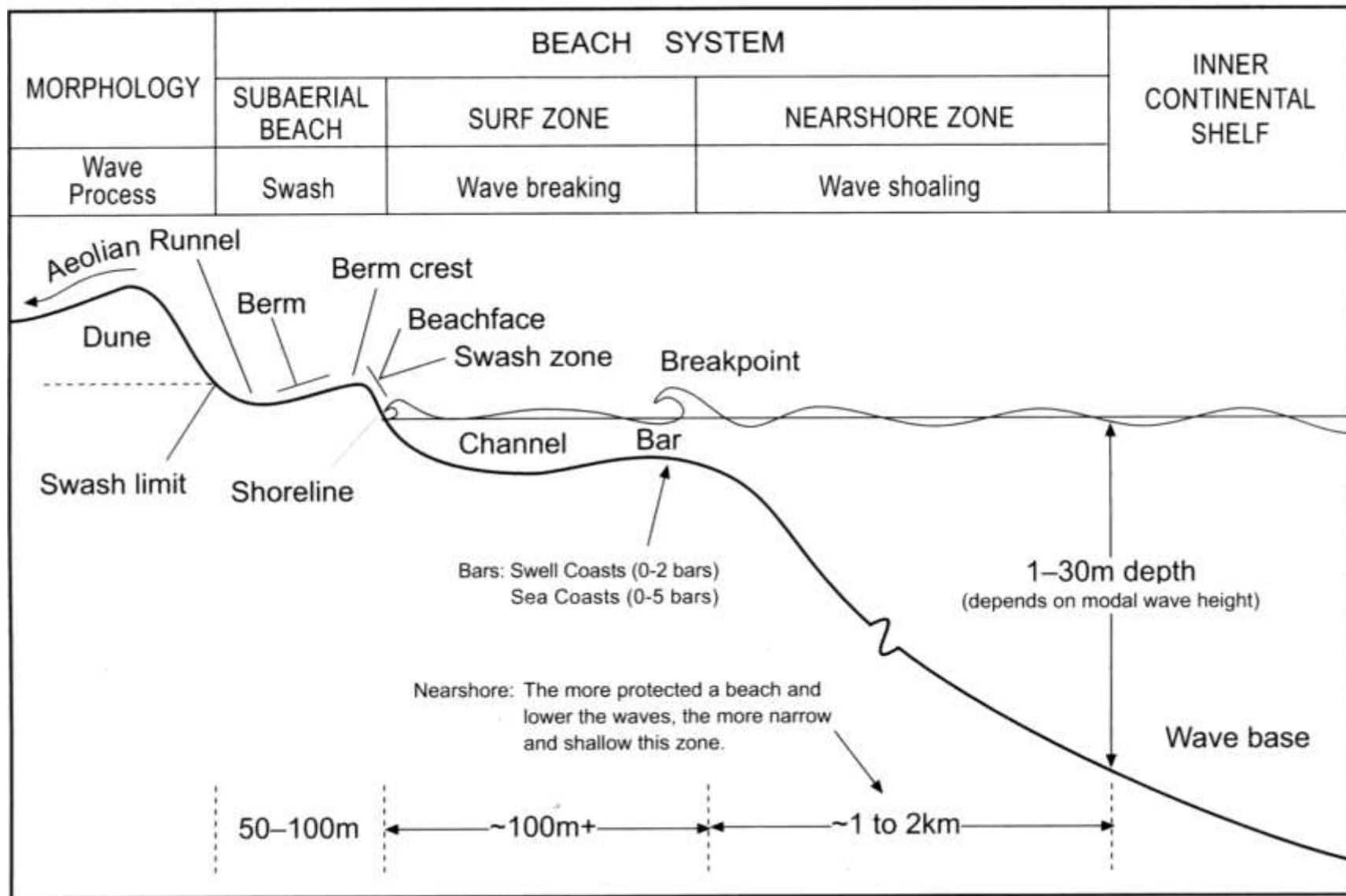
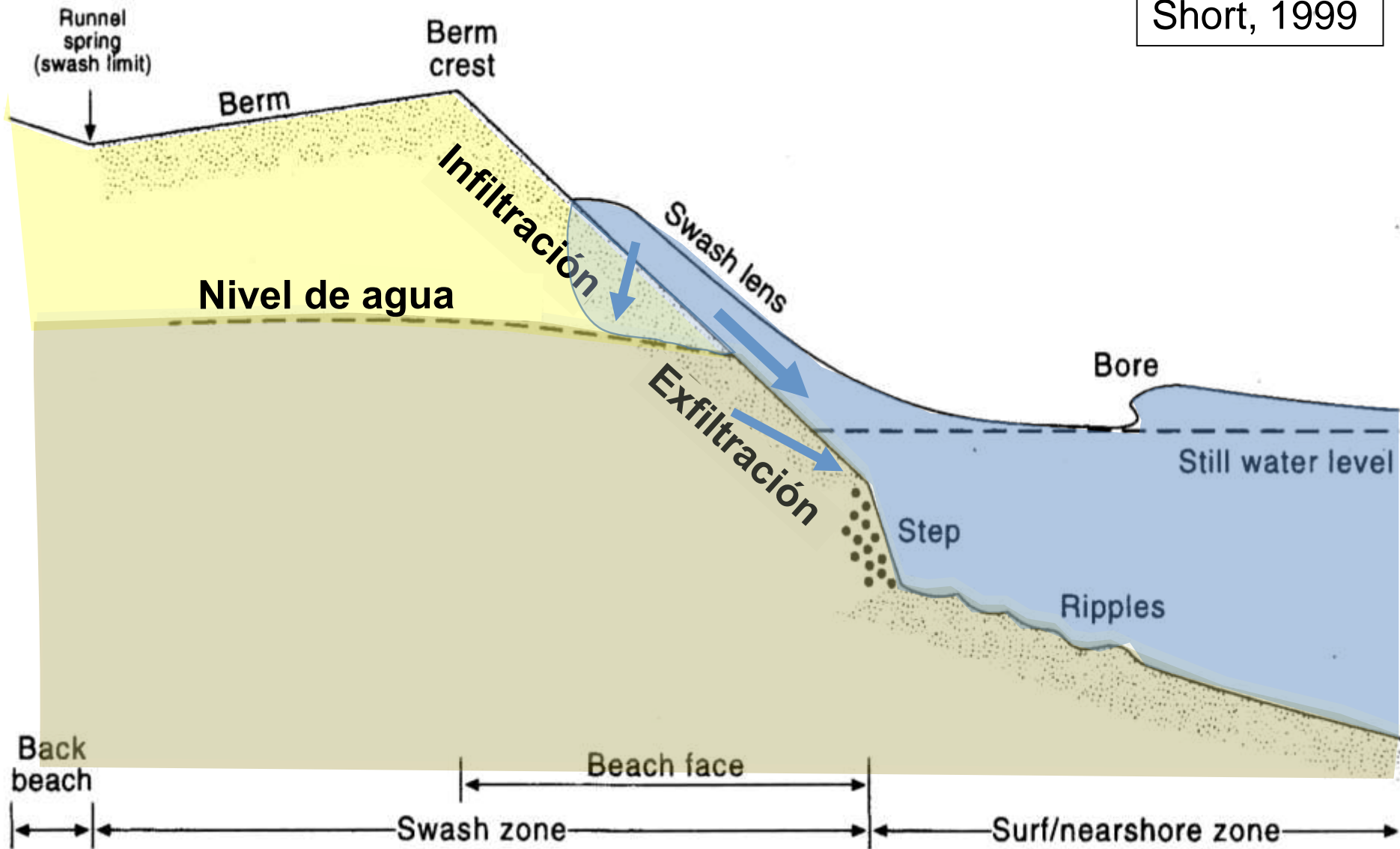
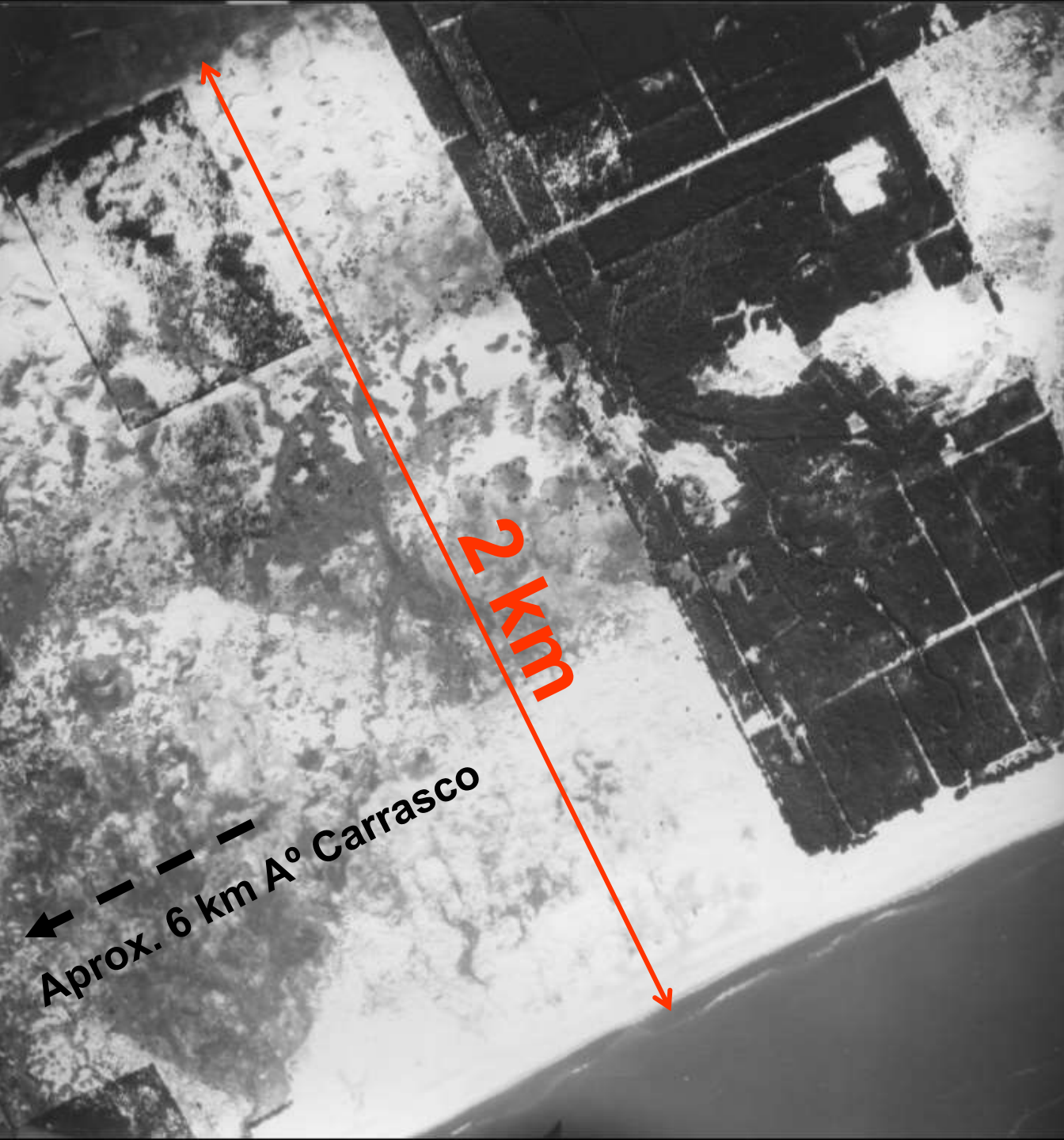


Figure 1.1 Definition sketch of a high energy beach system including the zone of wave shoaling across the nearshore zone, wave breaking across the surf zone, and final wave dissipation in the swash zone. Low energy beaches are smaller in scale and have a small to non-existent surf zone.

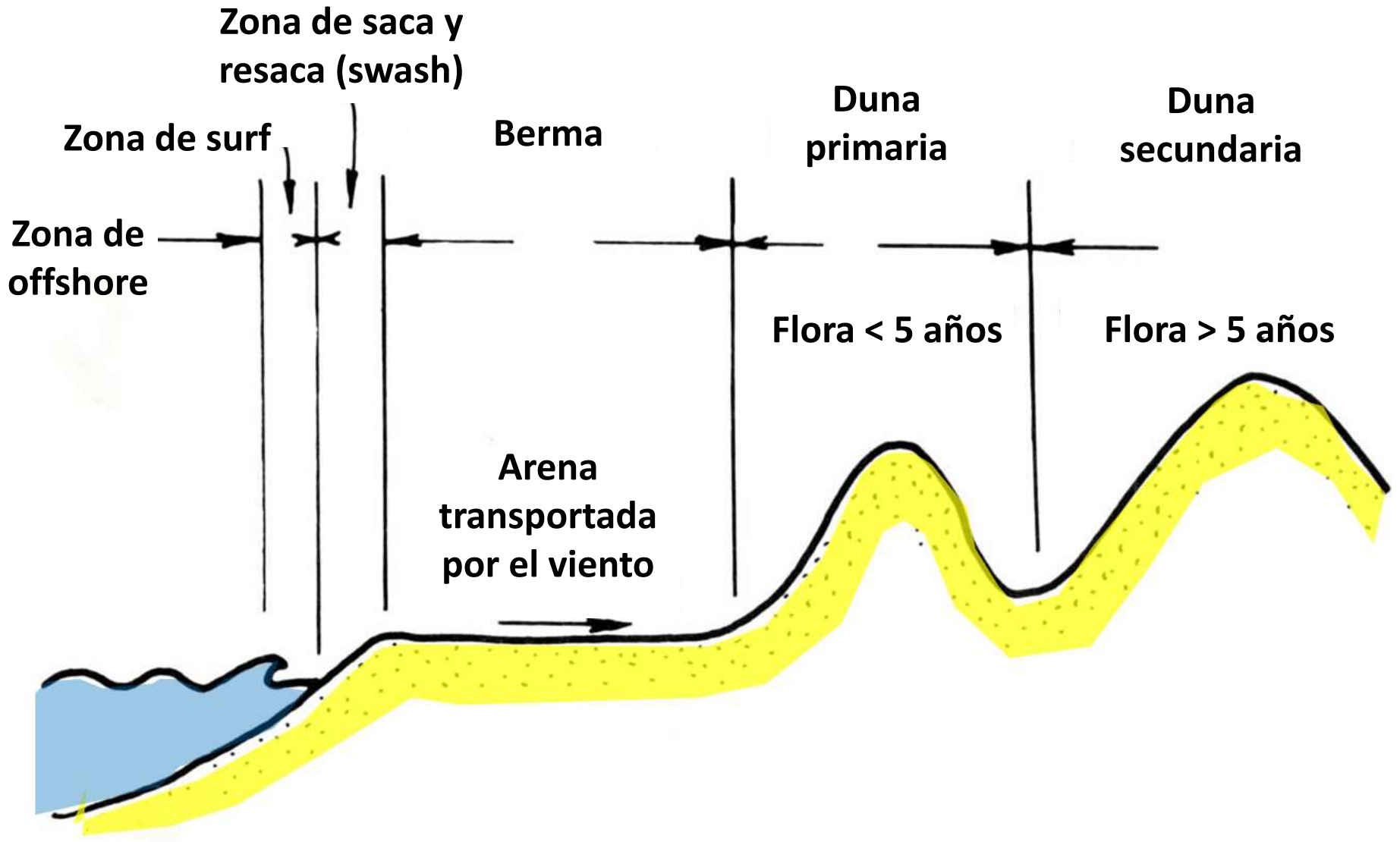
Short, 1999



Esquema del perfil de la playa y los principales procesos



Playa Shangrila
Enero 1945, N°187
esc10:000 - Archivo IMM



Sección de playa con sistema dunar



Neptunia, cordón dunar degradado

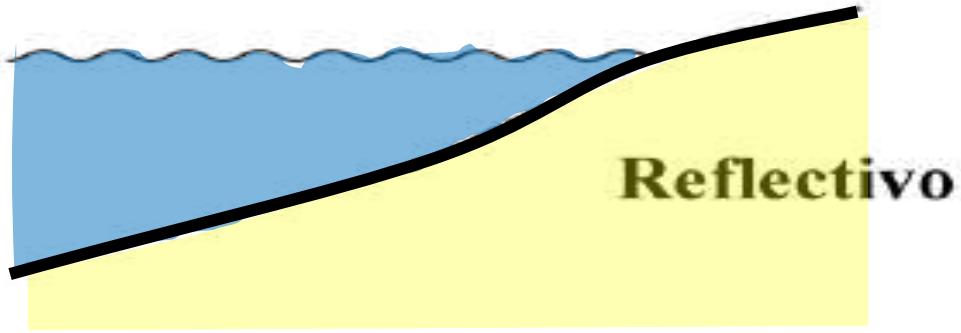
08/07/2005

Dunas secundarias en posición de primarias



Cordón de Las Vegas

1



2



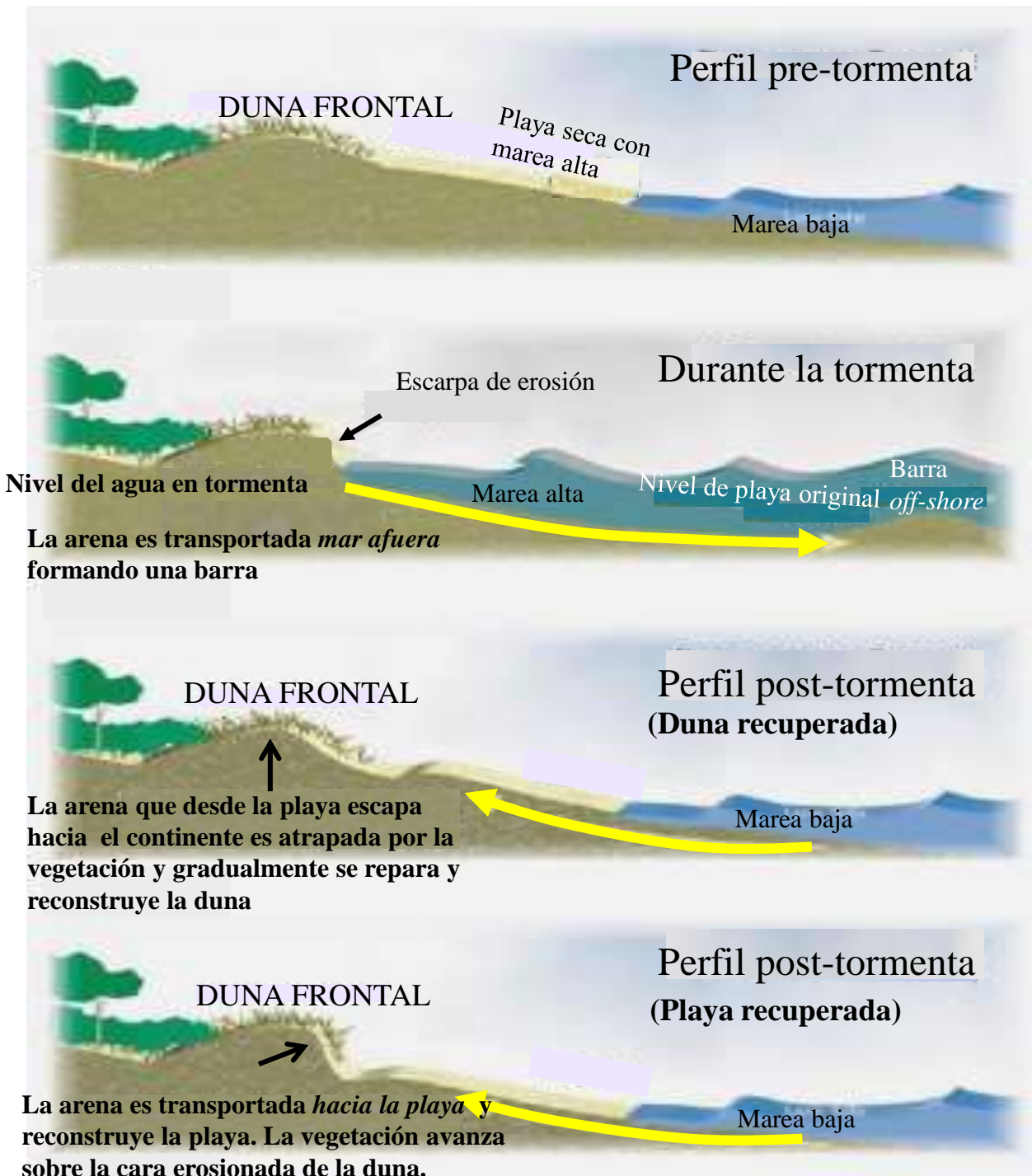
3



Esquema de perfil de playa:

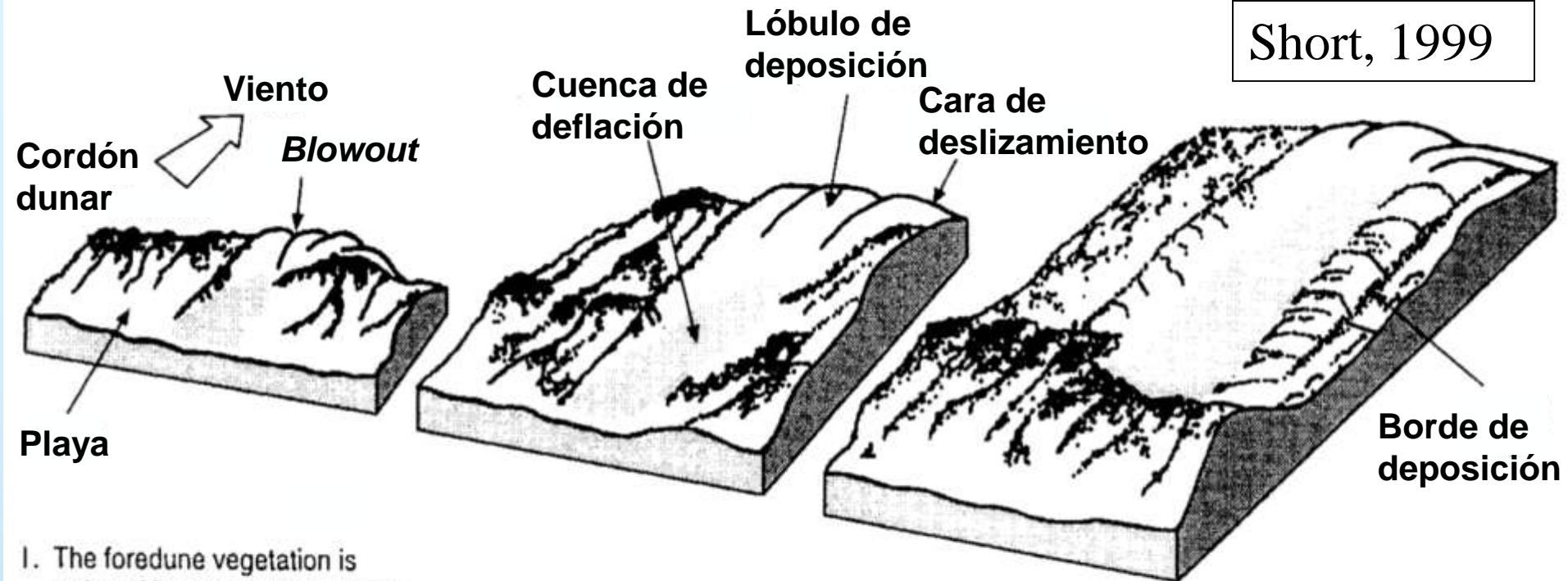
Con tormentas: se induce el transporte de sedimentos *off shore*, la erosión de playas y la formación de barras.
 En buen tiempo: se transporta sedimentos hacia la playa, con acreción y formación de berma.

Perfiles de playa ciclo evolutivo



Esquema del ciclo natural de playas arenosas y la erosión-reconstrucción del cordón dunar

Environment Waikato, 2001, citado en Dahm *et al.*, 2005.




I. The foredune vegetation is reduced by storm wave erosion and a blowout forms.

II. Erosion continues, the deflation basin expands, the depositional lobe advances downwind, and a parabolic dune develops.

III. The foredune reforms across the dune throat. The parabolic dune continues to advance downwind forming elongate trailing ridges.

Esquema de evolución de un *blowout* en un cordón dunar a una duna parabólica

A large, smooth sand dune dominates the right side of the frame. The sky is filled with heavy, grey clouds, suggesting an overcast day. In the distance, a dark-colored car is parked on a dirt path that leads up the dune. To the left, there is a dense thicket of green coastal plants, possibly beach grasses or small shrubs. The overall scene depicts a natural coastal environment where a sand dune has partially covered a dirt road.

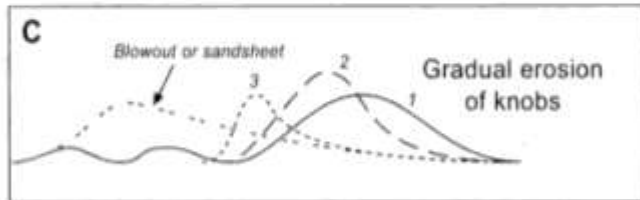
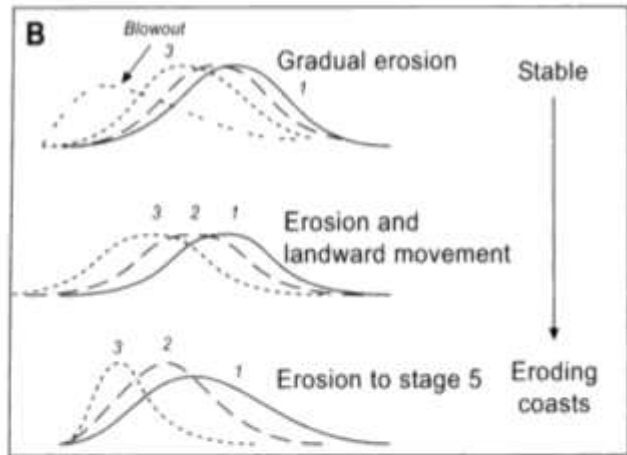
Luego esta arena tapa la rambla...

04/10/2005

Parque del Plata, lengua de arena sobre la rambla por efecto del *blowout*



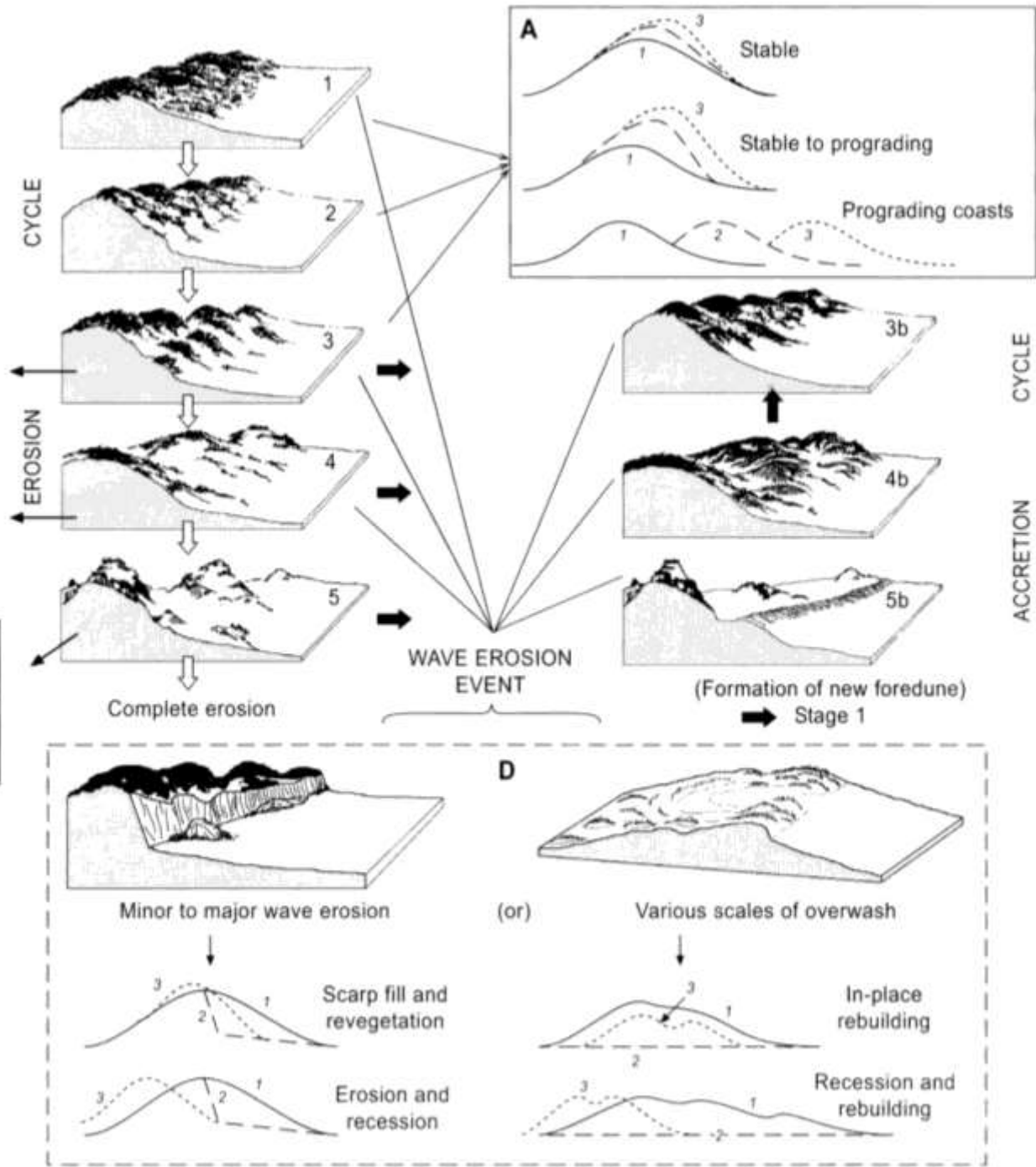
21/07/2005



Erosion
 Accretion/
 revegetation

D Storm event

A-C Long term development scenarios (1-3)







Cordón con estratificaciones - La Esmeralda

10/10/2004



10/10/2004

**Comportamiento o
respuesta a
estimulo**

Funcionamiento

Estructura

Marco conceptual

Requiere del conocimiento de **PROCESOS** biogeofísicos esenciales, los que se expresan en **PAISAJES** a diferentes escalas

Funciones
ecosistémicas



Flujo de servicios
ecosistémicos



Bienestar
humano

Gestión
de
ecosistemas

A large red gear with a circular arrow around it, symbolizing the management of ecosystems. The gear is positioned to the right of the flowchart, and the arrow indicates a clockwise cycle.

Conocer para intervenir



¿Cómo estudiar las tendencias a largo plazo en playas?

Período de análisis y bases de datos

(desde 1846)



Fecha*	Fuente	Esc original	Ramírez	Pocitos	Buceo	Malvin	Carrasco
1927, marzo 16	DINAMA	1/8.000					
1929, marzo 21	SGM	1/7.500					
1939	IMM	1/5.000					
1942, noviembre 25	DINAMA	1/7.300					
1945, enero	IMM	1/10.000					
1949	DINAMA	?					
1954, mayo 14	IMM	1/15.000					
1954, mayo 17	IMM	1/30.000					
1961, abril 10	IMM	1/15.000					
1961, diciembre 13	IMM	1/15.000					
1961, diciembre 21	IMM	1/15.000					
1965 octubre 26	IMM	1/10.000					
1966, enero 26	SGM	1/20.000					
1970, julio 21	IMM	1/7.500					
1970, agosto 21	IMM	1/7.300 y 1/10.000					
1970, diciembre 07	IMM	1/10.000					
1971, mayo 01	IMM	1/10.000					
1973, octubre 27	IMM	1/10.000					
1975, enero 29	IMM	1/10.000					
1979, marzo 29	IMM	1/10.000					
1983, febrero 12	IMM	1/12.000					
1985, diciembre	IMM	1/10.000					
1991, mayo	IMM						
1996, junio	IMM						
2000, enero	IMM						
2000, setiembre 22	Google Earth						
2001 agosto 09	Google Earth						
2002, setiembre 21	Google Earth						
2003, octubre 23	IMM	1/10.000					
2004, mayo	IMM						
2004, mayo 28	Google Earth						
2005, noviembre 27	Google Earth						
2006, septiembre 6	Google Earth						
2006, septiembre 24	Google Earth						
2006, noviembre 12	IMC						
2007, septiembre 29	IMM	1/10.000					
2007, diciembre 8	Google Earth						
2008, abril 30	Google Earth						
Totales:			23	21	17	17	19

Período 1927-2008

Montevideo Bay, surveyed by C.H. Dillon Master R.N. and other Officers of Her Majesty's Navy, 1849. Hydrographic Office of the Admiralty. London. (Archivo personal Dr. Loic Menanteau).

Montevideo Bay, surveyed by Captain W.J.L. Wharton, R.N. and Officers of H.M.S. Sylvia, 1883. Hydrographic Office of the Admiralty. London. (Archivo personal Dr. Loic Menanteau).

Plano de la ciudad de Montevideo, capital de la República Oriental del Uruguay y de sus alrededores hasta el paso del Molino, el camino de Larrañaga y el arroyo de los Pozitos. Aumentado con los planos de los pueblos del Cerro y de la Victoria. Levantado y publicado en 1867 por el Agrimensor de número que suscribe, ex-oficial de la Marina de Guerra Francesa. (Archivo Geográfico, Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP).

Plano topográfico de la ciudad y cercanías de Montevideo. En el que se demuestra las posiciones de las fuerzas de la plaza y las del ejército sitiador. Levantado por el Agrimensor D. Pedro Pico, 1846. (Mapoteca, SGM).

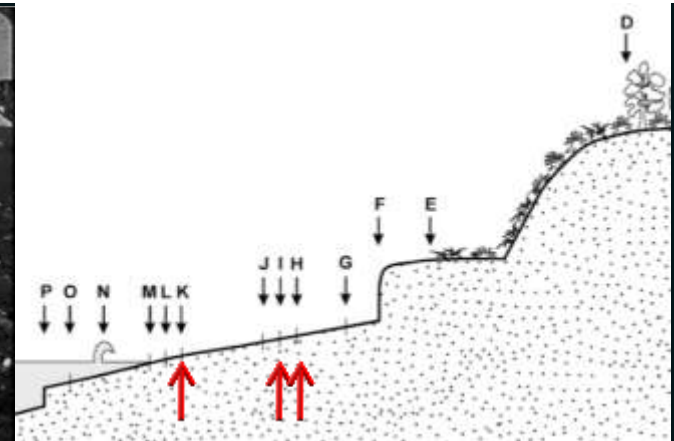
Otra información:

- ✓ Crónicas y relatos.
- ✓ Grandes crecientes de los ríos Uruguay y Paraná.
- ✓ Eventos extremos de precipitación para Montevideo.
- ✓ Creciente máxima anual (desde 1901).
- ✓ Anomalías de circulación atmosféricas.

Indicadores de posición de línea de costa y análisis de los datos



- | | |
|---|--|
| A Bluff top/cliff top | I Previous high tide high water level |
| B Base of bluff/cliff | J Mean high water (datum referenced) |
| C Landward edge of shore protection structure | K Wet/dry line or runup maxima |
| D Seaward stable dune vegetation line | L Groundwater exit point |
| E Seaward dune vegetation line | M Instantaneous water line |
| F Erosion scarp | N Shorebreak maximum intensity |
| G Storm/debris line | O Mean lower low water line (datum referenced) |
| H An old high tide water level | P Beach toe/crest of beach step |



- H - antiguo límite de marea alta - ALMA**
- I - línea de marea alta previa - LMAP**
- K - línea seca/húmeda o zona actual de alcance de la ola - LSH-ZAIO**

(Boak & Turner, 2005)



**Y QUE HA
PASADO?...**

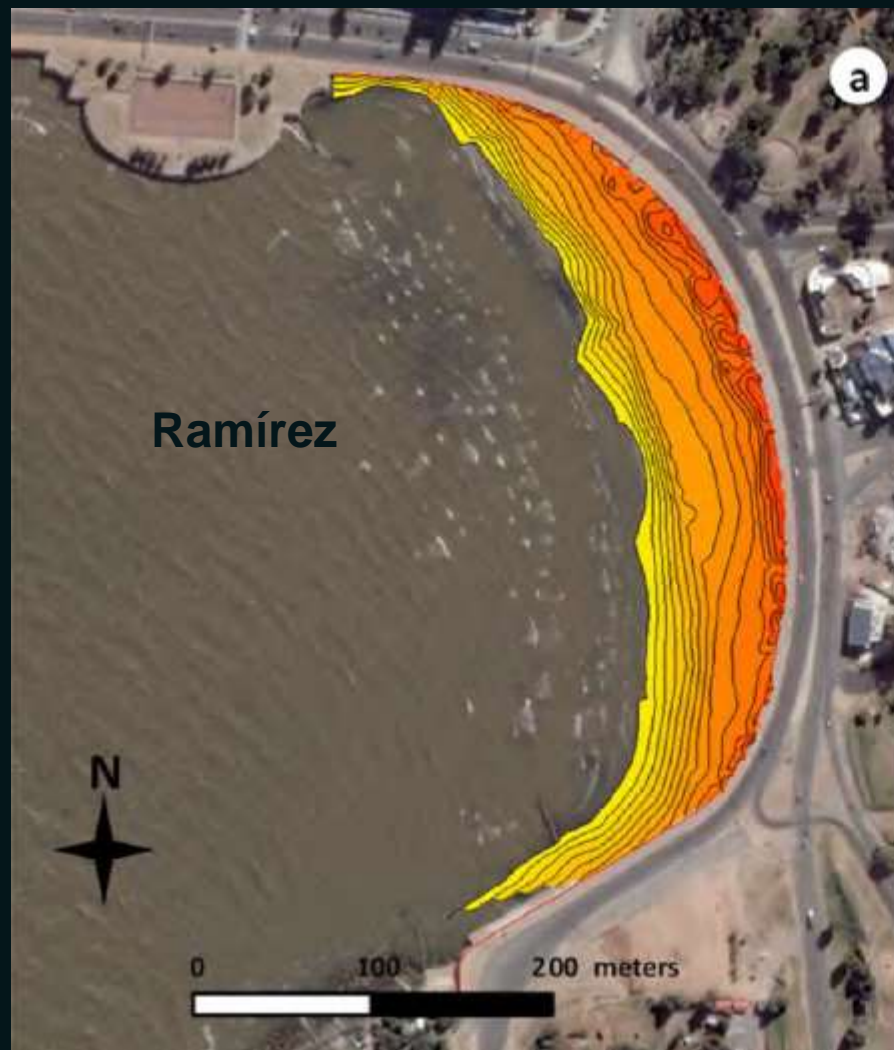
Evolución morfológica de largo plazo de playas de bolsillo urbanas en Montevideo (Uruguay): impactos de las intervenciones costeras y la relación con el forzamiento climático

Resultados



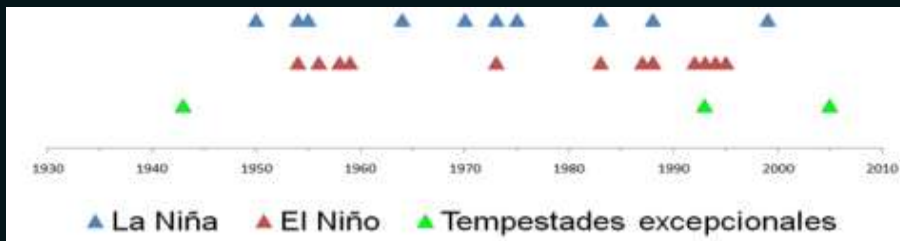
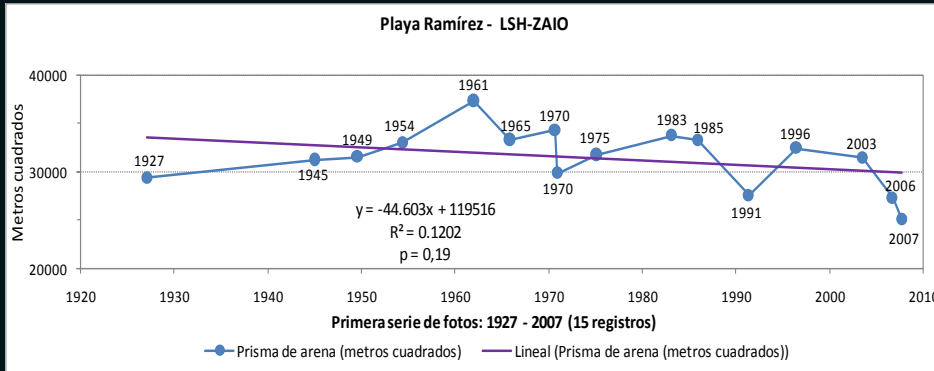
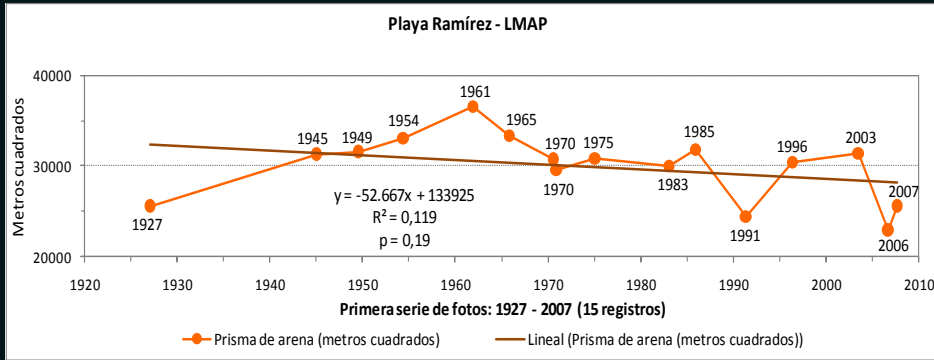
Evolución morfológica de largo plazo de playas de bolsillo urbanas en Montevideo (Uruguay): impactos de las intervenciones costeras y la relación con el forzamiento climático

Resultados



Evolución morfológica de largo plazo de playas de bolsillo urbanas en Montevideo (Uruguay): impactos de las intervenciones costeras y la relación con el forzamiento climático

Algunos resultados Playa Ramírez:

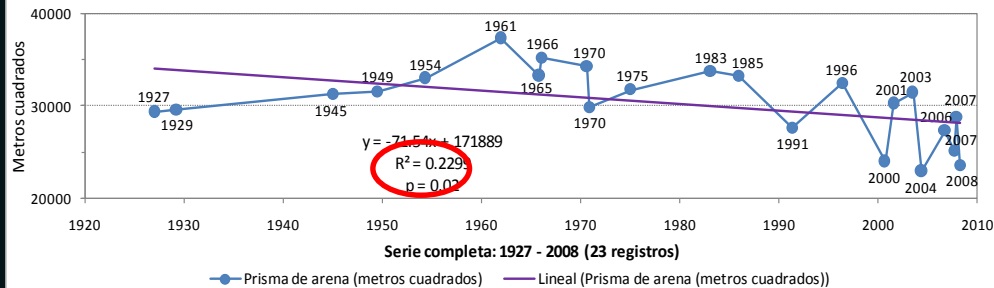


Año 1919.

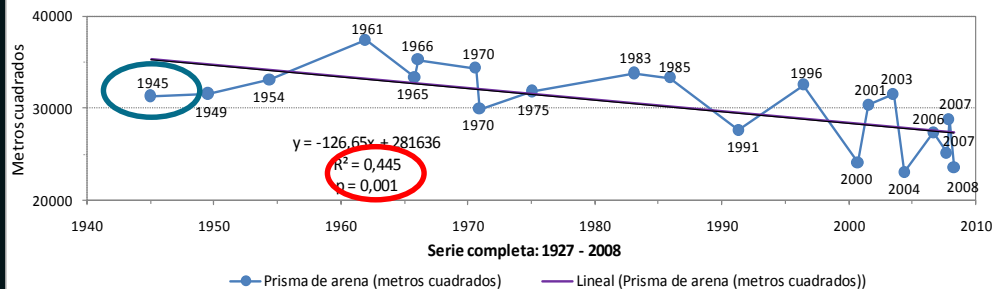


Líneas de costa: 1927 (azul),
2007 (turquesa); aerofotografía: 1927.

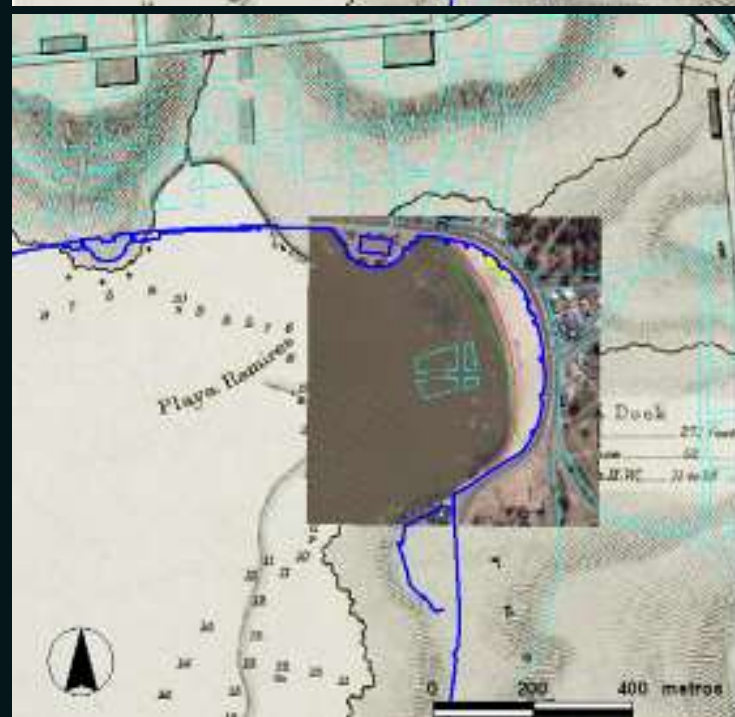
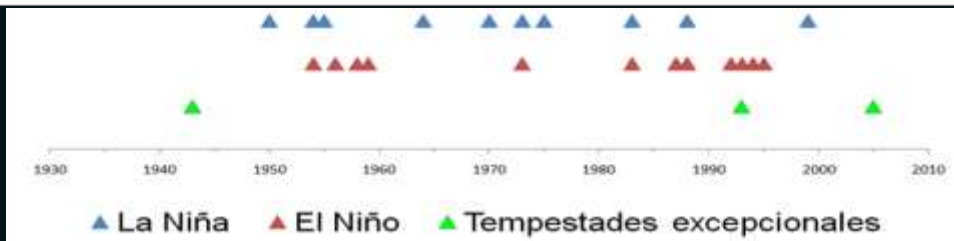
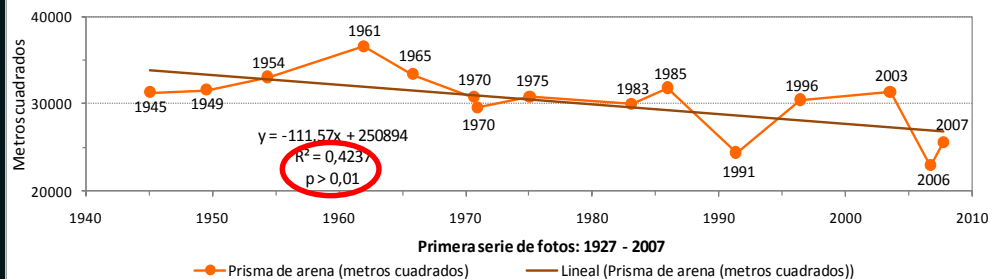
Playa Ramírez - LSH-ZAIO



Playa Ramírez (sin fotos 1927 y 1929) - LSH-ZAIO



Playa Ramírez (sin foto 1927) - LMAP



Carta de Marina Inglesa (1849); líneas de costa: 1927 (verde), 2008 (roja); aerofotografía: 2008.

La costanera de Montevideo



En construcción hacia 1930. Consistió en 4.000 metros, su construcción se realizó sin respetar la forma de la costa ni las dos playas existentes, e insumió unos 500.000 m³ de arena y piedra.

Parámetro Omega

(Dean, 1982)

Hb/WT

- Hb : altura significativa
- W : velocidad de caída del sedimento
- T : período de ola

Valores:

≥ 6 playas disipativas

≥ 1 a < 6 playas intermedias

< 1 playas reflectivas

PLAYA RAMÍREZ
MONTEVIDEO

Digitalización de las curvas de nivel c/ 1m, Levantamiento de 1906 para el Proyecto de Saneamiento de la Cuenca de los Pocitos (García, 1908)



Playa Pocitos:

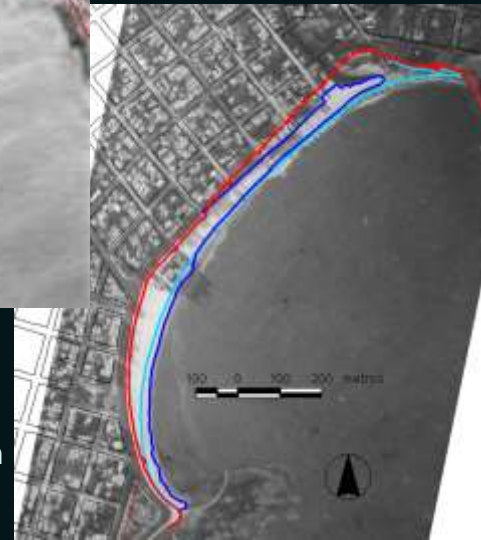
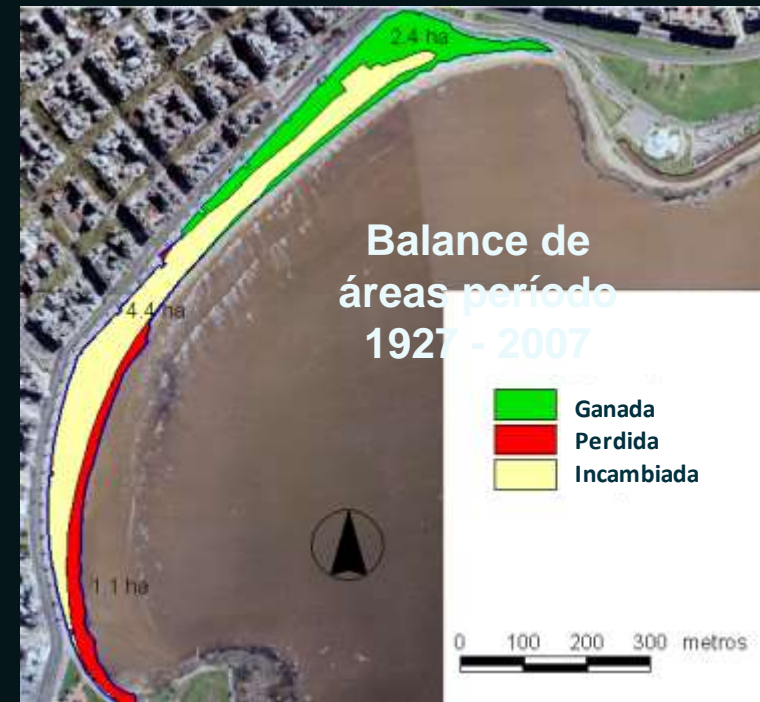
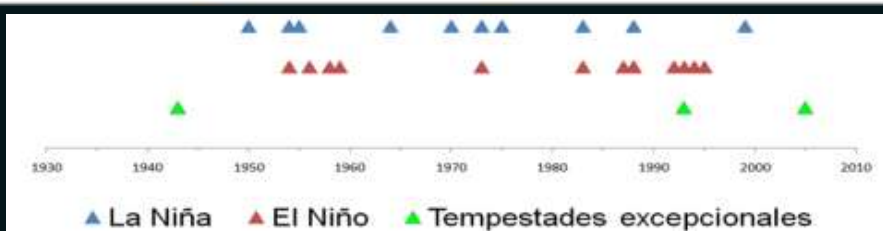
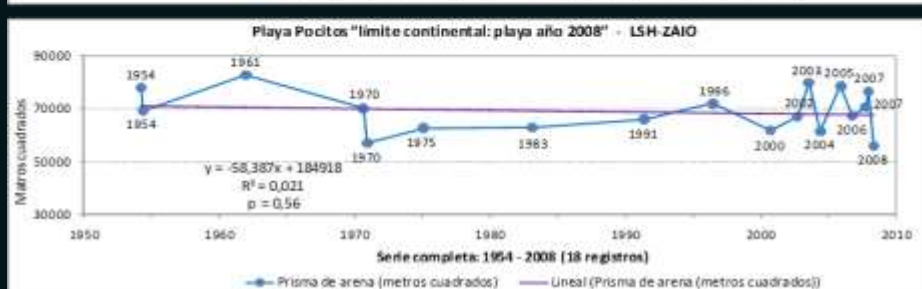


Foto superior: Obras son las que realizan el balace que cambia las tendencias. Año 1954 se ubica la rambla en actual posición. Foto con la rambla que divide en dos del 1940.

¿Qué queremos preservar?



Funciones
ecosistémicas



Infraestructuras



Territorios



Servicios



¿QUÉ HACEMOS?



Situación actual



VISIONES

No hacer nada



Respuestas:

Defender



Adaptar



VISIÓN

QUE LLEGUE A DONDE TENGA
QUE LLEGAR!

Establecer (o no) la **Red Line** (de aquí en más se defiende)

Respuesta:

Déjalo caer! (*“Let it fall”* ó *“do nothing”*)

Escocia: *“Let it fall”*
Inglaterra: *“Red Line”*



ACCIONES: Dejar que la costa encuentre su punto de equilibrio por sí sola.

VISIÓN NI UN PASO MÁS!

Respuesta:

Mantenga la línea *(Hold the line)*

Puede incluir: Técnicas de protección suave “*Building with Nature*”

Singapur: “Hold the line”
Holanda: “Building with Nature”

ACCIONES:

Protección de la costa por recarga de sedimentos, estructuras rígidas y/o intervenciones blandas.



VISIÓN RETIRADA ESTRATÉGICA!

Respuesta:

Medidas adaptativas (*“Managed retreat”*)

Suecia: “Managed retreat”

ACCIONES: abandonar áreas vulnerables, relocalización, restricciones de uso, zonas buffer.



VISIÓN

NI LO UNO NI LO OTRO....



ACCIONES: Dejar que la costa retroceda, retardando mediante defensas por parte interesada, hasta que encuentre una Ruta consolidada (MTOPI)

MIX de:

Déjalo caer! (*“Let it fall”* ó *“do nothing”*)

Mantenga la línea (*Hold the line*) en versión **Red Line**

Uruguay: “¿¿??”



**GRACIAS POR
VUESTRA
ATENCIÓN!!**