

Universidad de la República
Facultad de Ciencias
Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA)
UNCIEP

Docente Responsable: Dra Leticia Burone

Colaboradora: Dra. Paula Franco-Fraguas

Tema 7. Sedimentología marina y gestión del ambiente oceánico

Las desembocaduras sub-estuáricas y la gestión costera en Uruguay

Dra. Ofelia Gutiérrez

26/05/2021

Curso Introducción a la Sedimentología Marina

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 overall scene is desolate and arid.

1. INTRODUCCIÓN

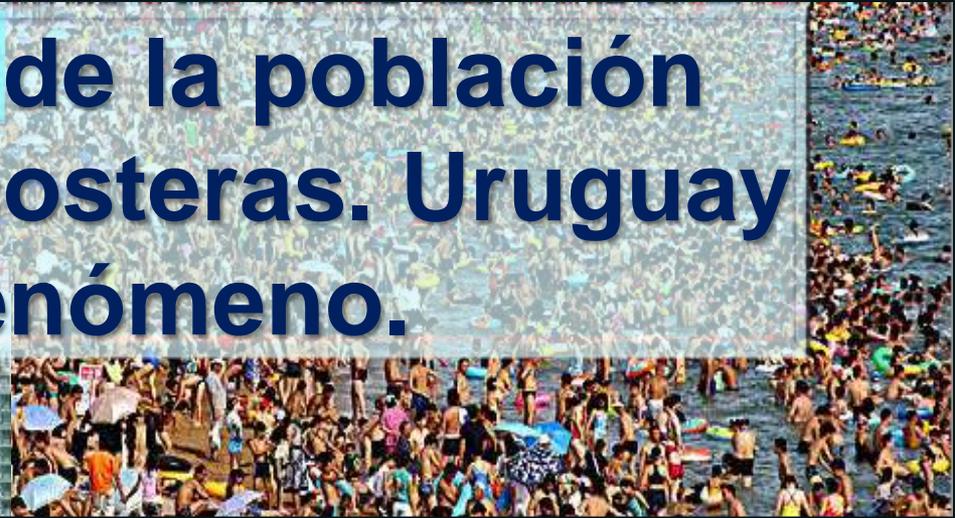
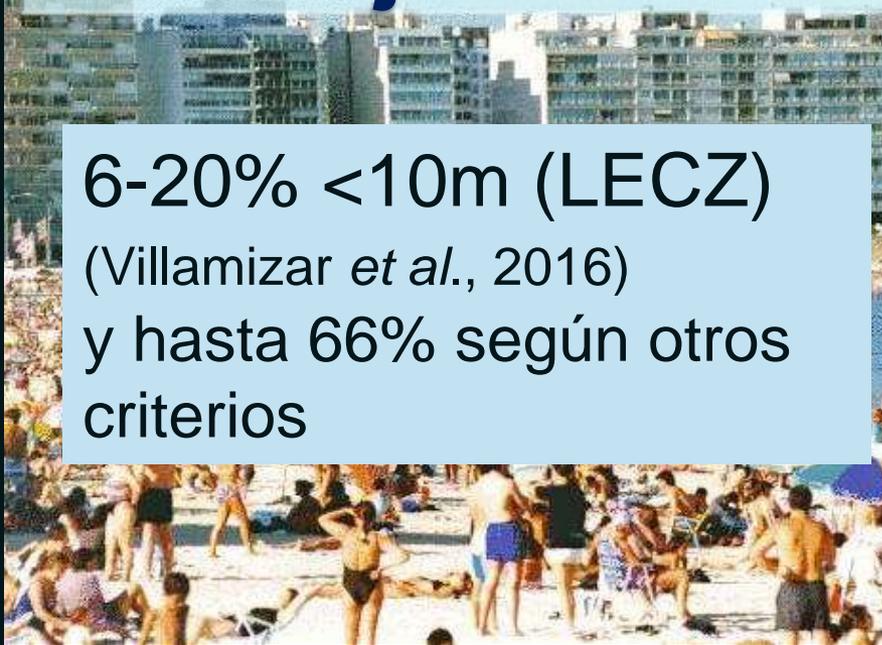
Foto: Javier Ortega Figueiral, noviembre 2008



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

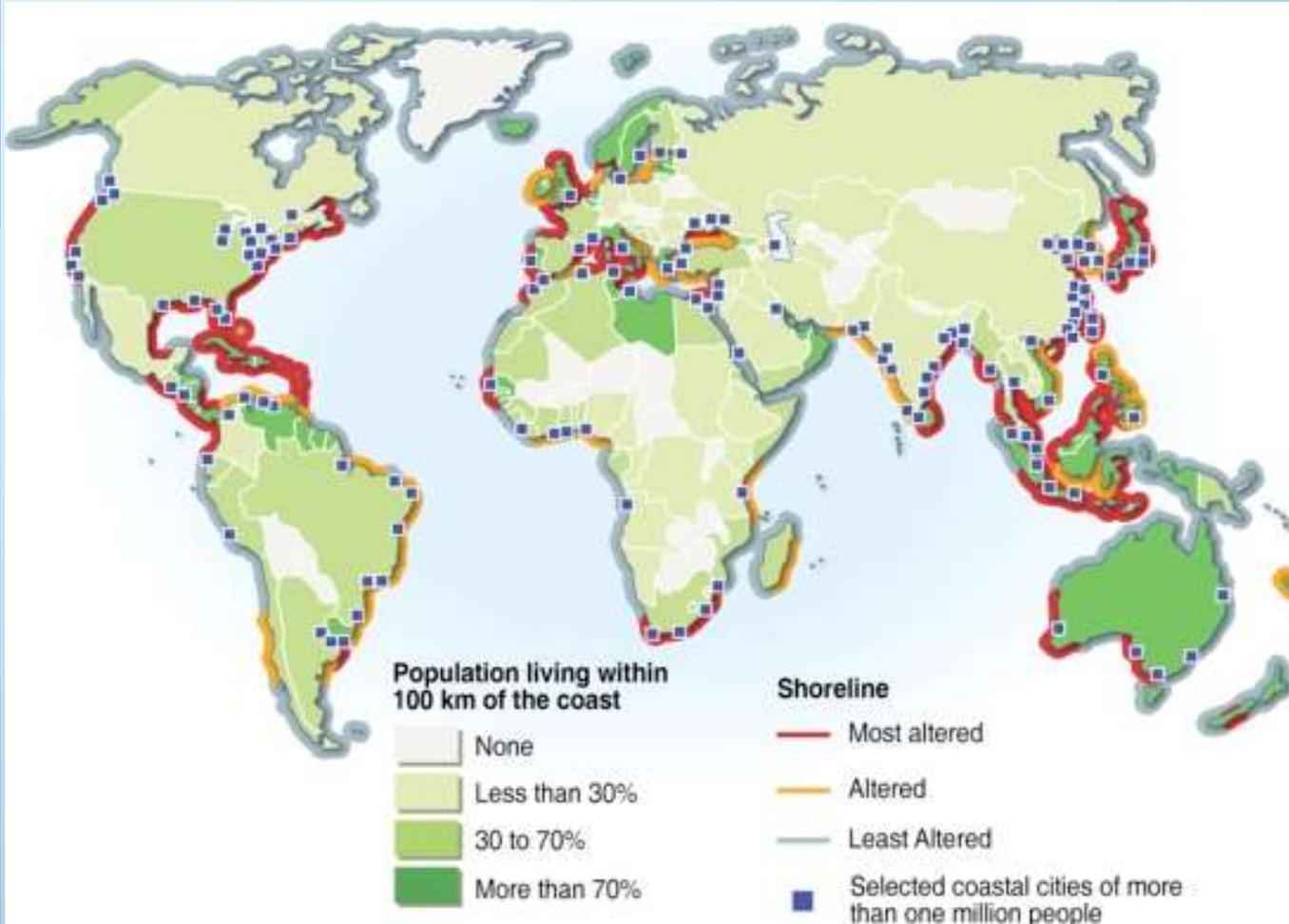
6-20% <10m (LE CZ)
(Villamizar *et al.*, 2016)
y hasta 66% según otros
criterios

**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)

Erosión costera

Causas

- Subida del NMM
- Descenso del continente (isostasia)
- Agotamiento de stocks de sedimentos
- Intervenciones antrópicas
- Cambios en la circulación atmosférica



En Uruguay ha sido comprobada la existencia de **erosión costera** en:

- Playas de distintas zonas costeras, tanto del estuario como oceánicas
- Desembocadura de numerosas vías de drenaje

Indicadores:

- Retroceso de la línea de costa
- Disminución del prisma de playa



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.

Planteamiento del problema



El conjunto de interacciones entre el **medio físico** en transformación, y el **medio biótico**, genera respuestas no lineales y por tanto de difícil o incluso en algunos casos, de imposible predicción, en la medida en que la biosfera tiene entre sus características la **posibilidad de innovar** ([Gunderson y Holling, 2000](#)).

Las costas bajas con playas arenosas son ambientes muy vulnerables al **Cambio Global**



Respuesta: Construir **resiliencia** para mantener / reconstruir los estados deseados de los ecosistemas

Conocer es el inicio del camino

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



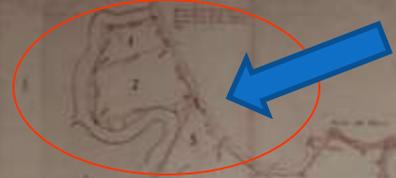
Posición del litoral  cambia con el tiempo.

Su estudio requiere:

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



PLANO
de las fincas que constituyen la Primera Zona situada en "SAUTAL"
8ª Sección Judicial del Departamento de ROCHA -
Medida y diseño practicados por el suento en esta fecha

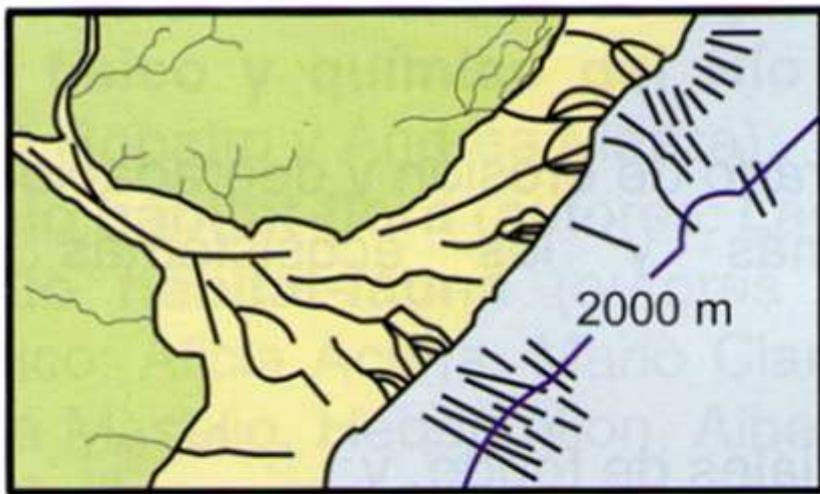


Lugar de la desembocadura
en 1912 del A° Valizas

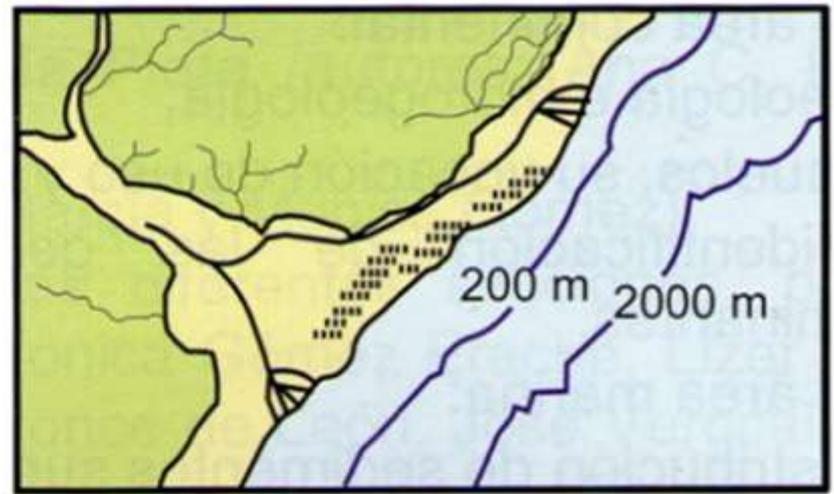


La escala temporal
siempre nos sorprende

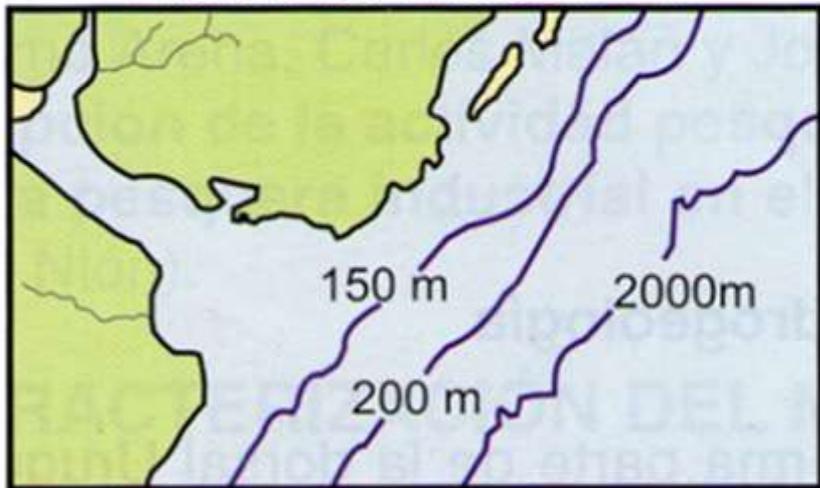
23/09/2004



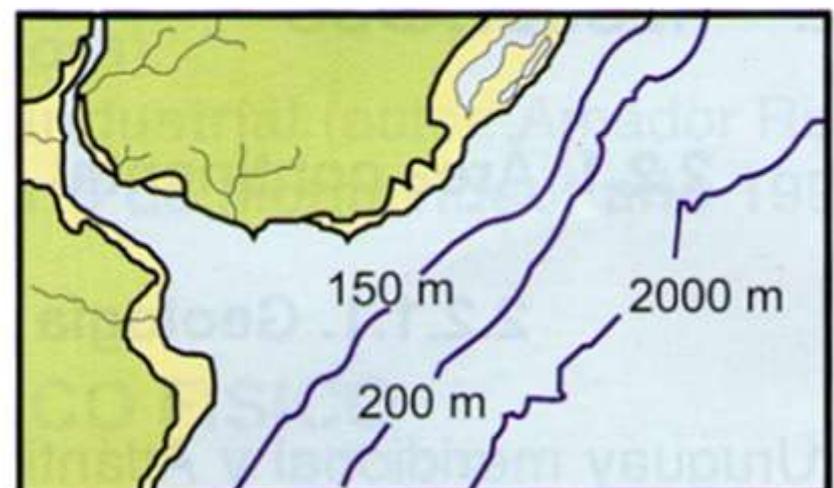
Previo a los 14.000 a. A. P.



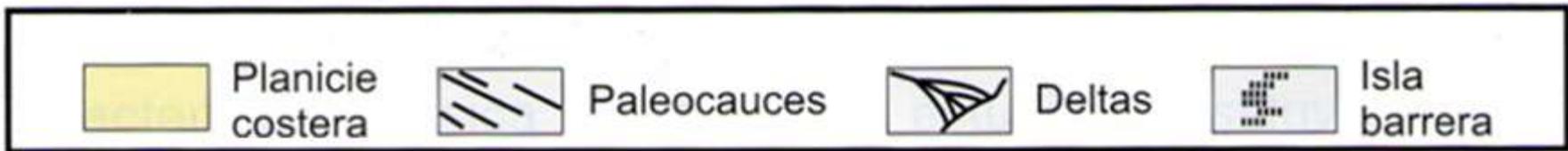
11.000 a 6.000 a A. P.



6.000 a 4.000 a. A. P.

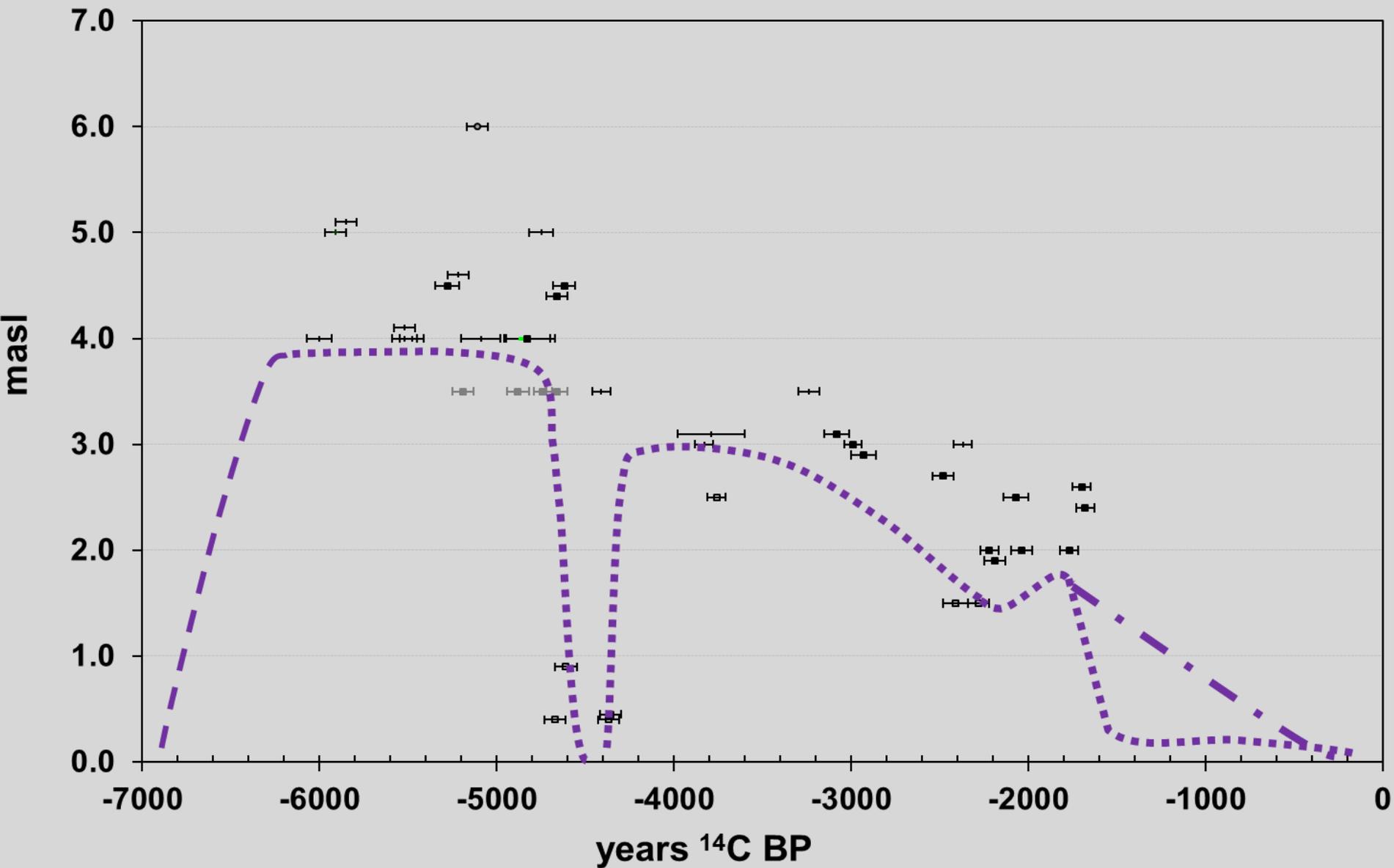


4.000 a. A. P. al Presente



Evolución reciente del Río de la Plata

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



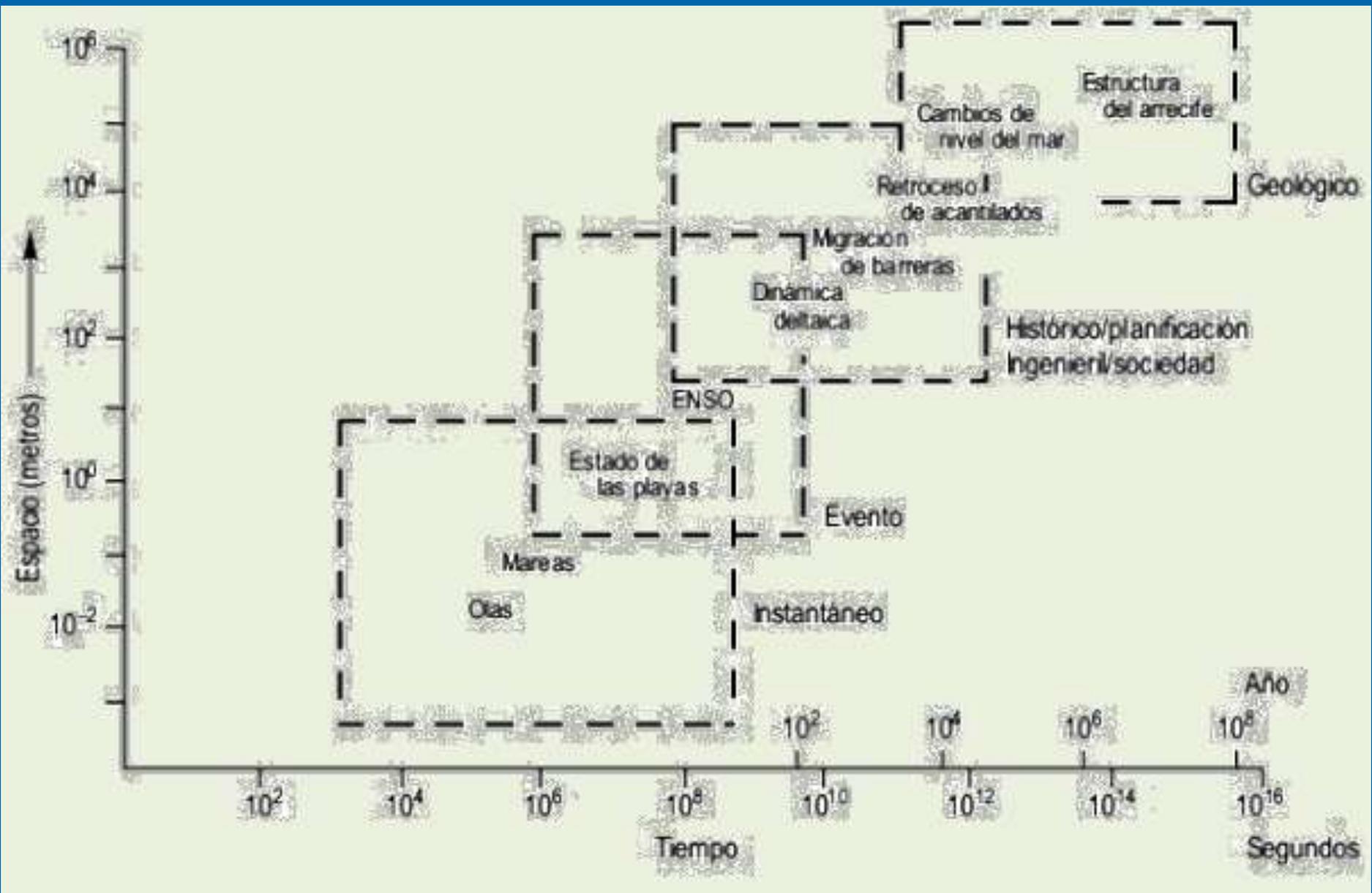
Panario D, Bracco R, Gutiérrez O, Tassano M, 2019. OSL dating of lagoon geoforms as proxies of marine levels for the Late Holocene, *in*: Inda H, García-Rodríguez F (Eds), *Advances in Coastal Geoarchaeology in Latin America*, The Latin America Studies Book Series. Springer, Dordrecht. 35-48 pp. doi:10.1007/978-3-030-17828-4_3



Carta levantada en el año 1789. El circulo amarillo señala la ubicación de una laguna en la desembocadura del Arroyo Pando, y la barra cerrada.

<http://www.nmm.ac.uk/collections/explore/chartzoom.cfm/imageID/K0886/x/6063/y/36/zoomlevel/2/#content>

CARTA ESFERICA
DEL RIO DE LA PLATA
desde su desembocadura hasta
BUENOS - AYRES,
Levantada
DE ORDEN DEL REY
en 1789, y rectificada en 1794.
POR VARIOS OFICIALES DE SU R.¹ ARMADA.
Presentada á S.M. por mano
DEL E.¹MO. S.¹ D. JUAN DE LANGARA
*Secretario de Estado y del Despacho
Univ.ª de Marina.*
Año de 1798.



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

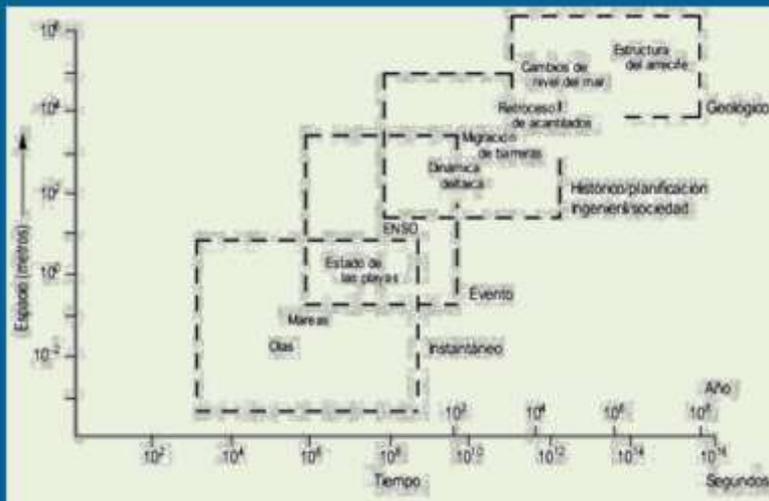
Oscilaciones decadales o centenales su desconocimiento induce intervenciones inapropiadas

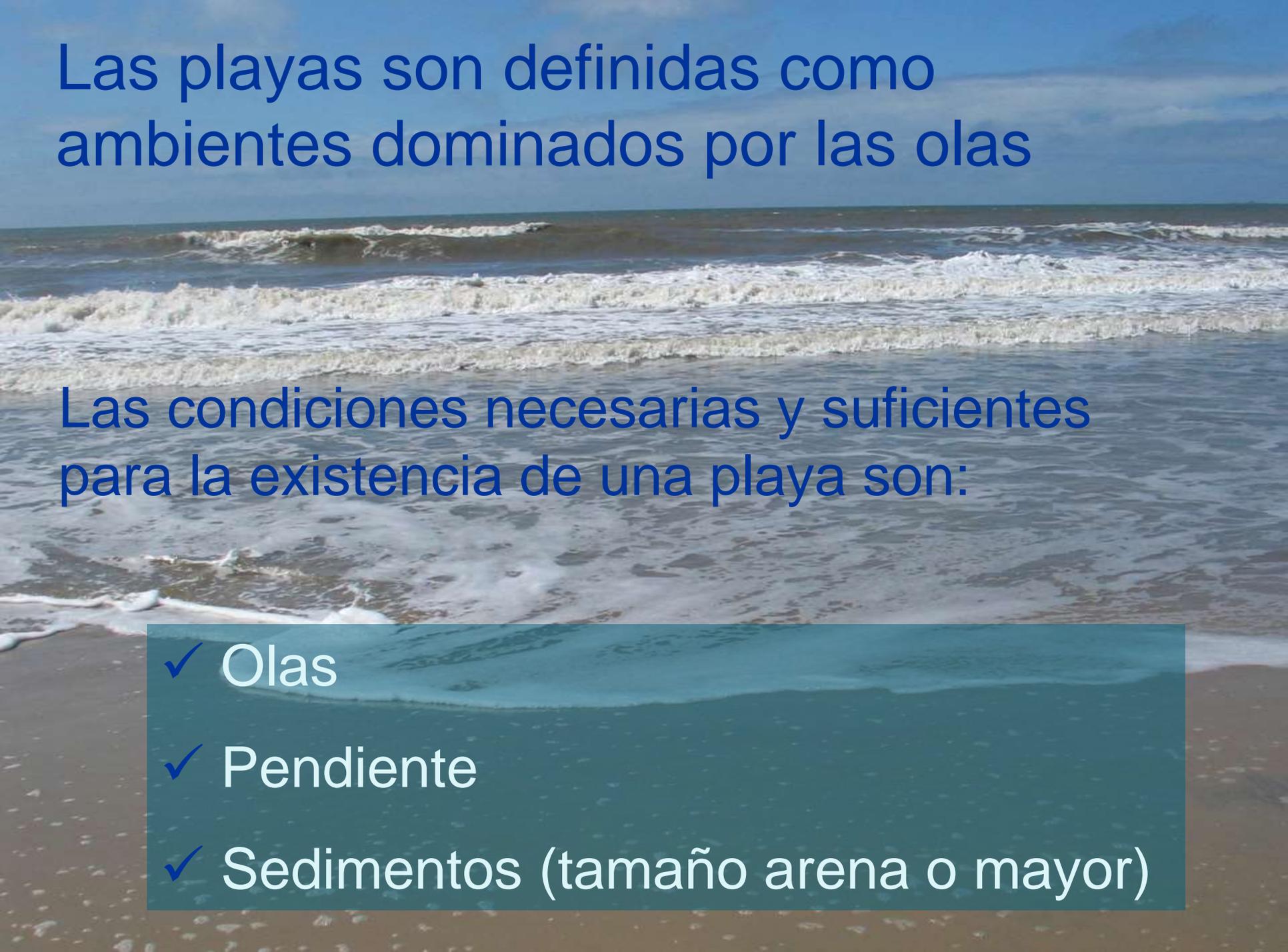
Oscilaciones a nivel geológico del nivel medio del mar

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

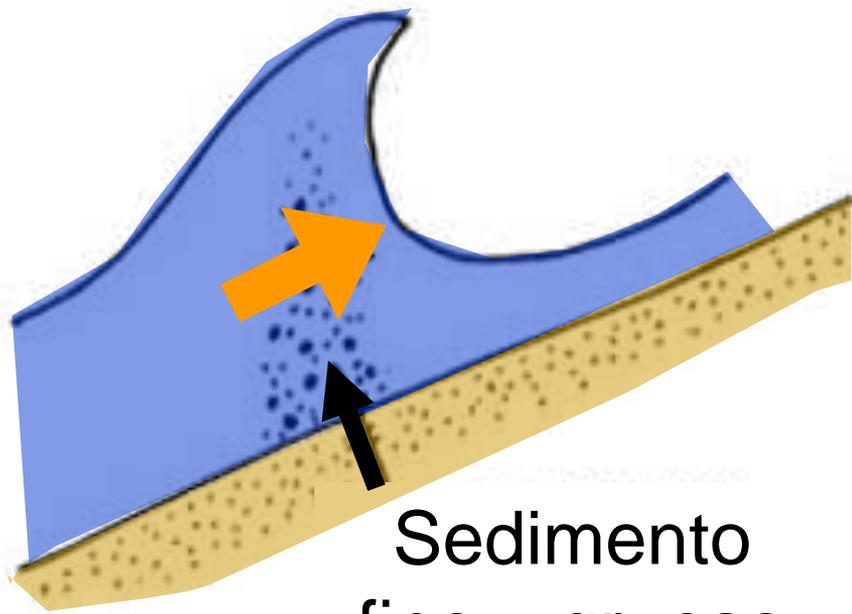




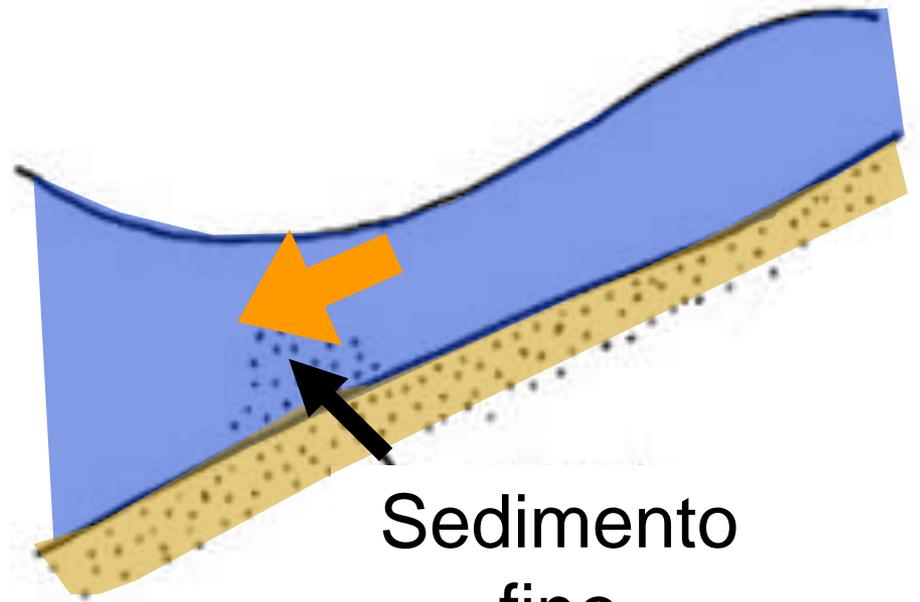
Las playas son definidas como ambientes dominados por las olas

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

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

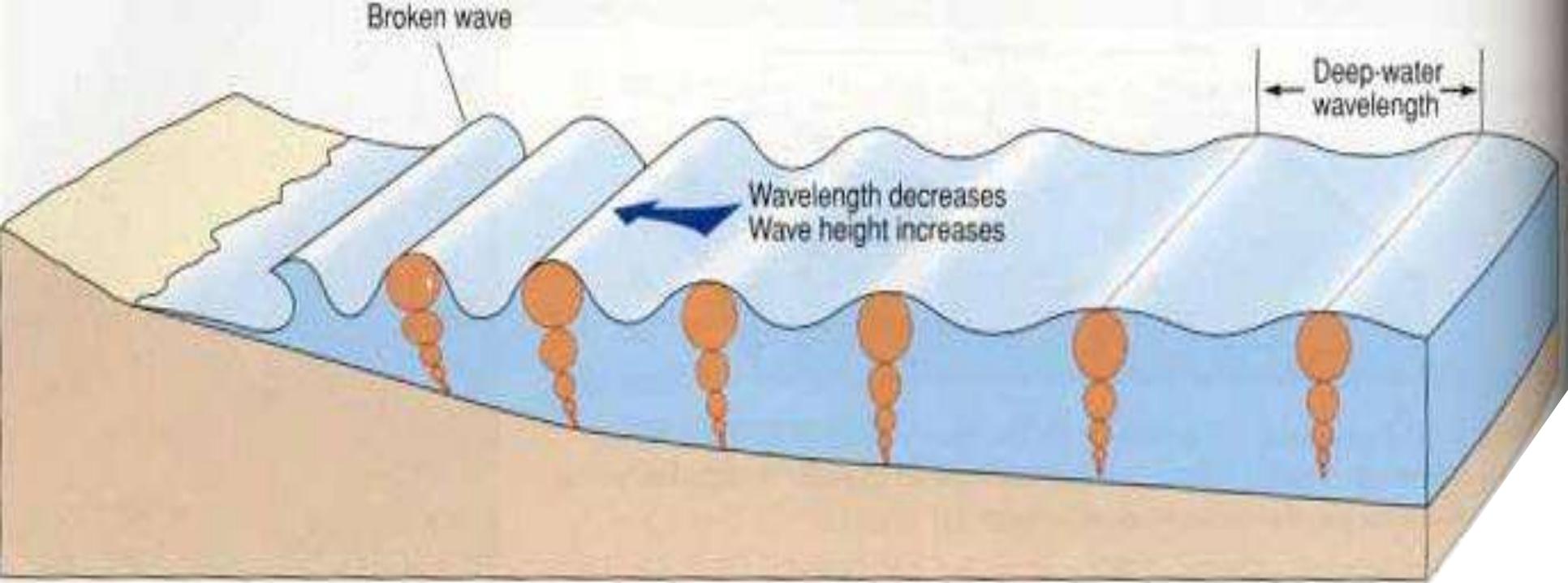


Sedimento
fino y grueso



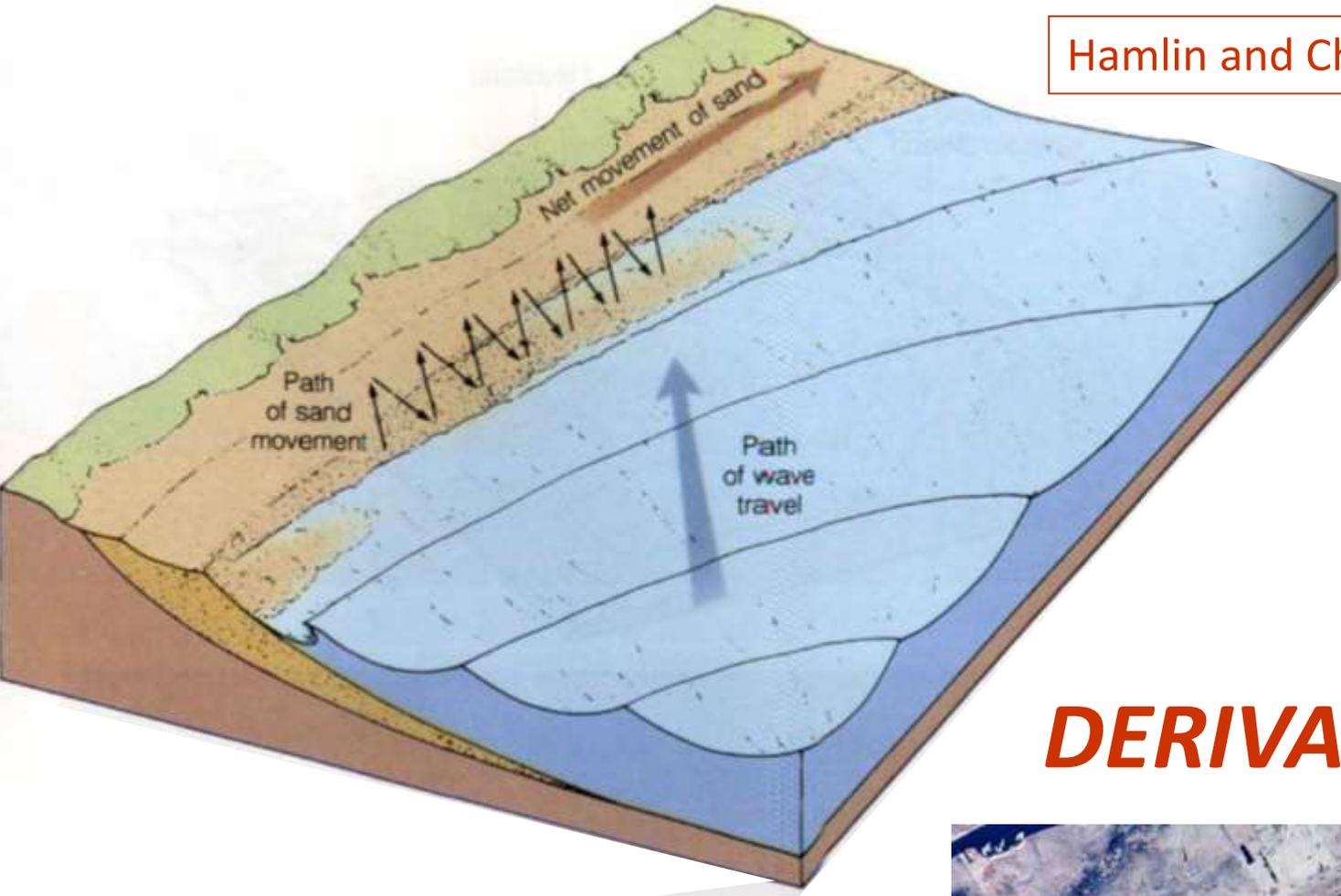
Sedimento
fino

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



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.

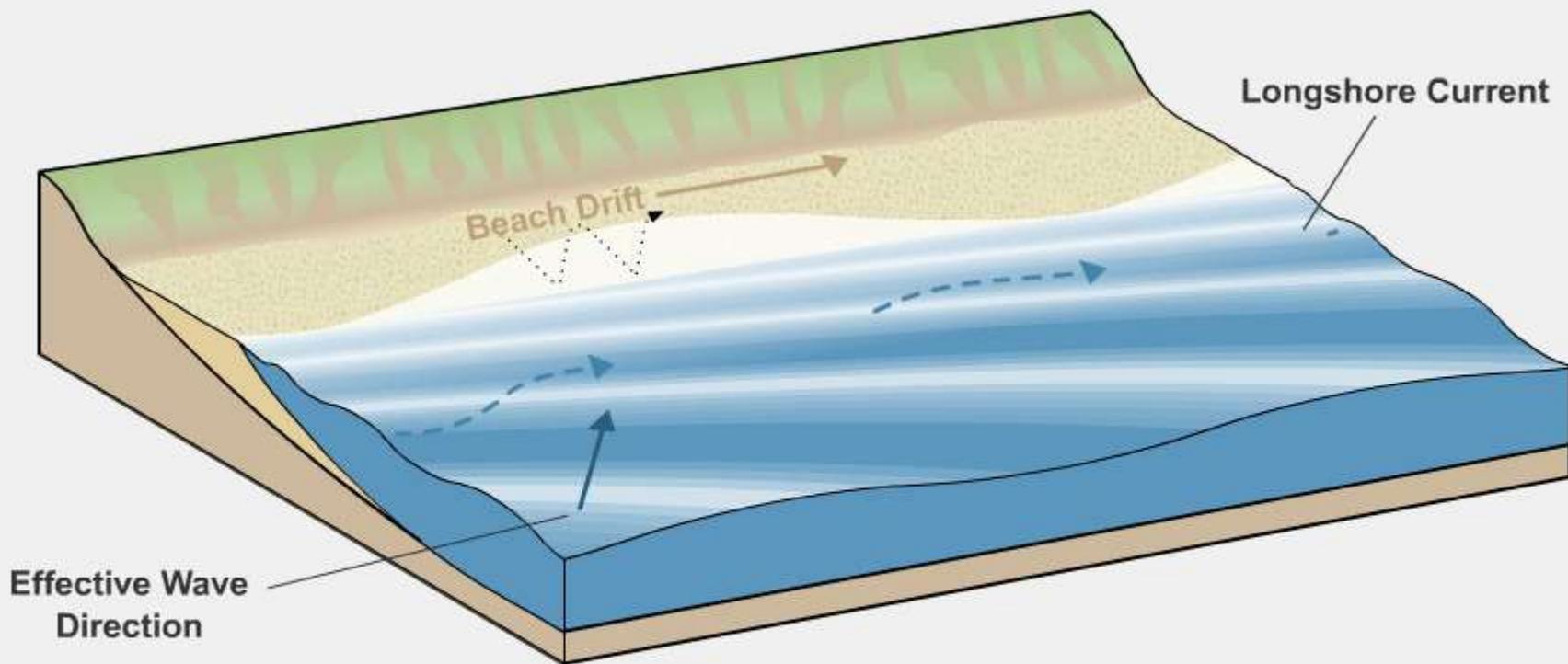




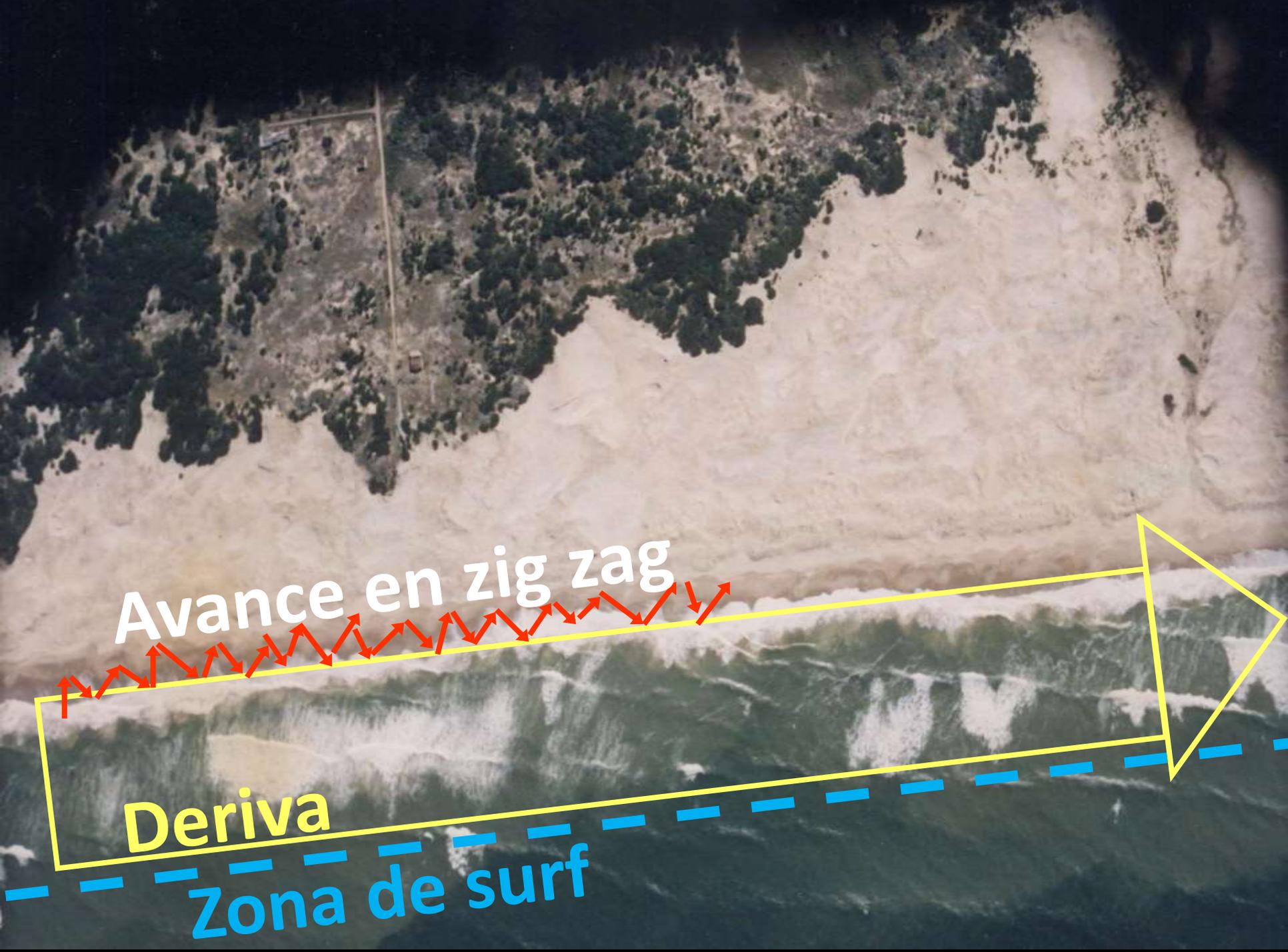
DERIVA LITORAL

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





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

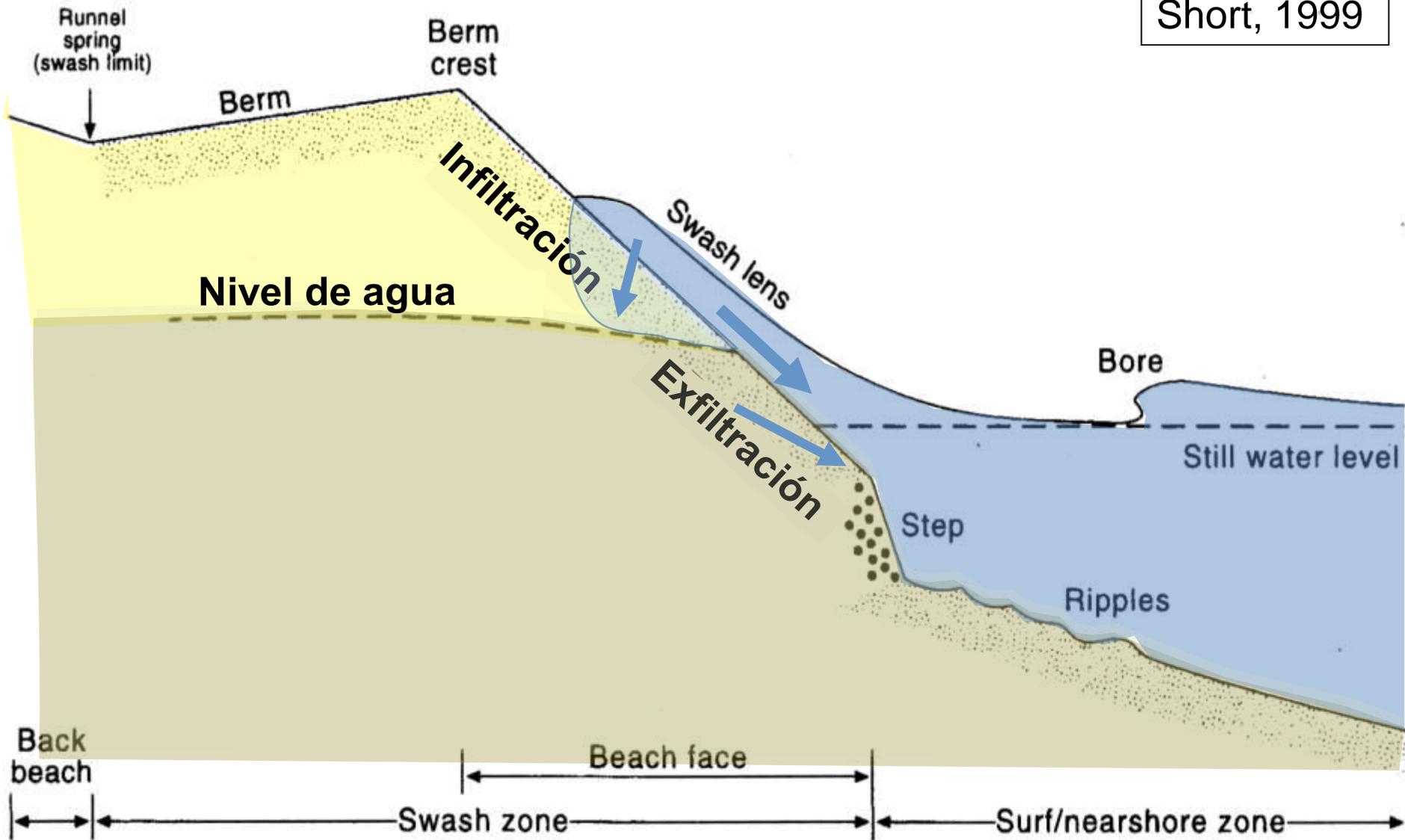
Landsat 5TM 18/10/1999

escena 222-084 Bandas 753

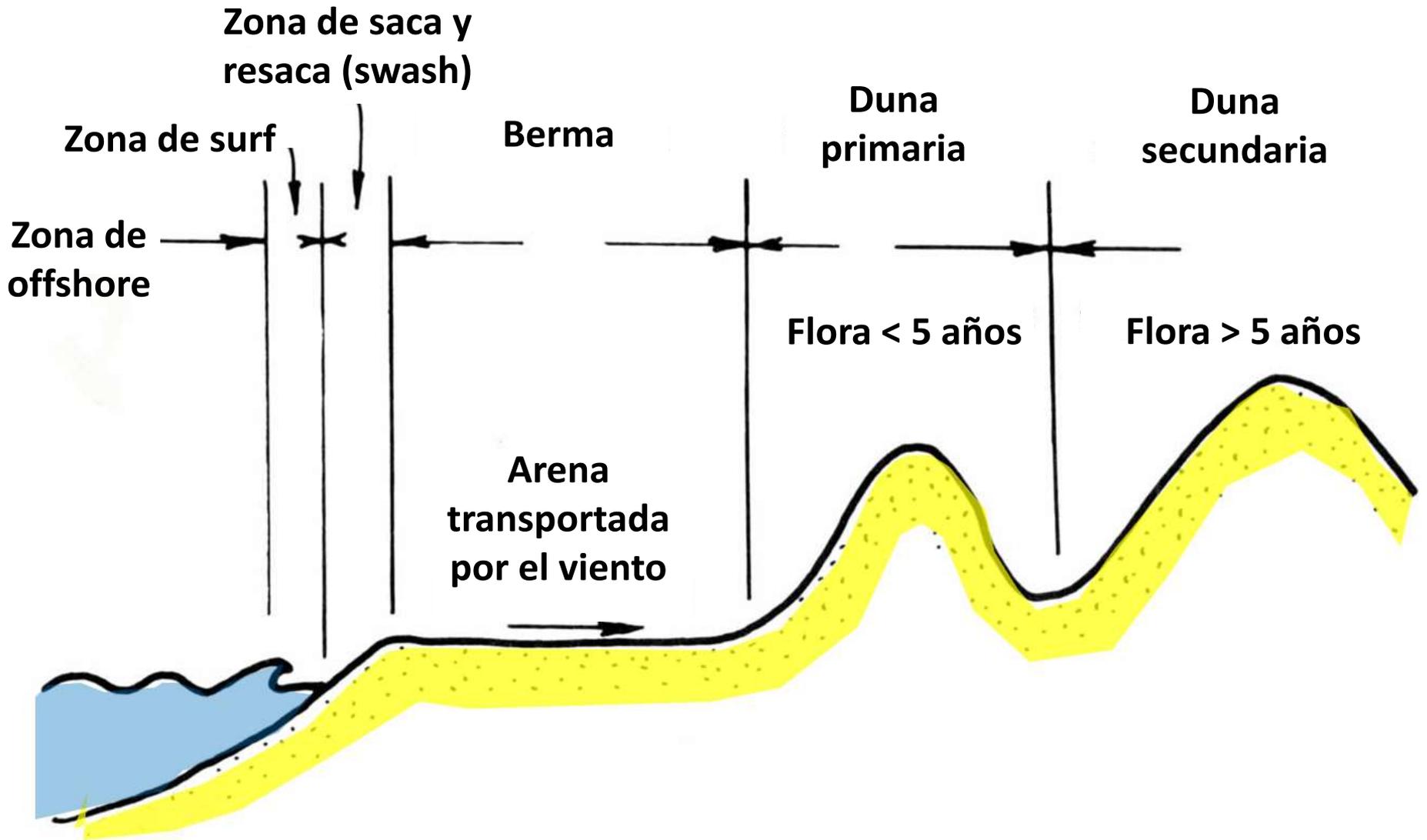


PLAYA SUB AÉREA

¿Dominio del viento?



Esquema del perfil de la playa y los principales procesos



Sección de playa con sistema dunar





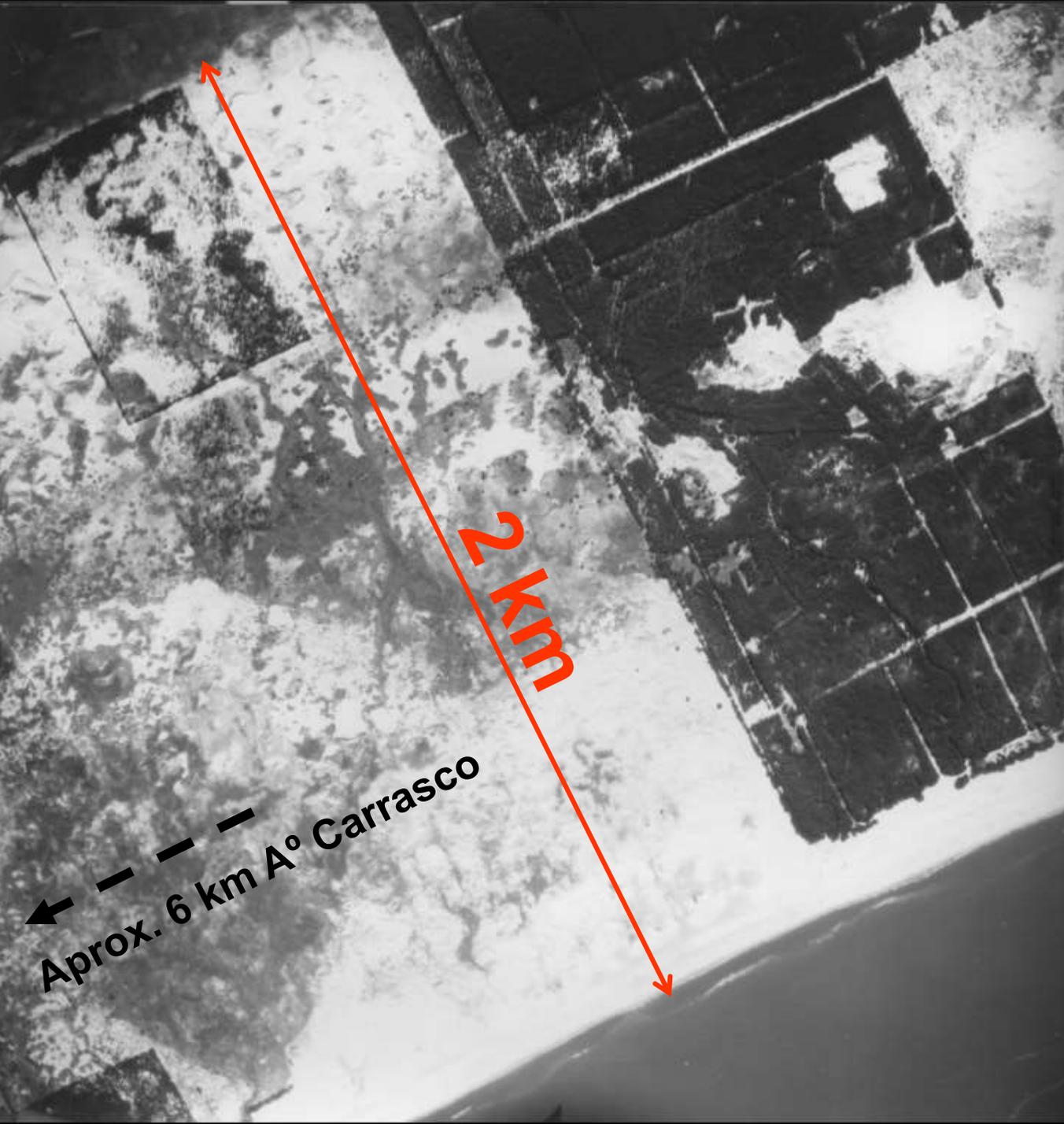
Neptunia, cordón dunar degradado

08/07/2005

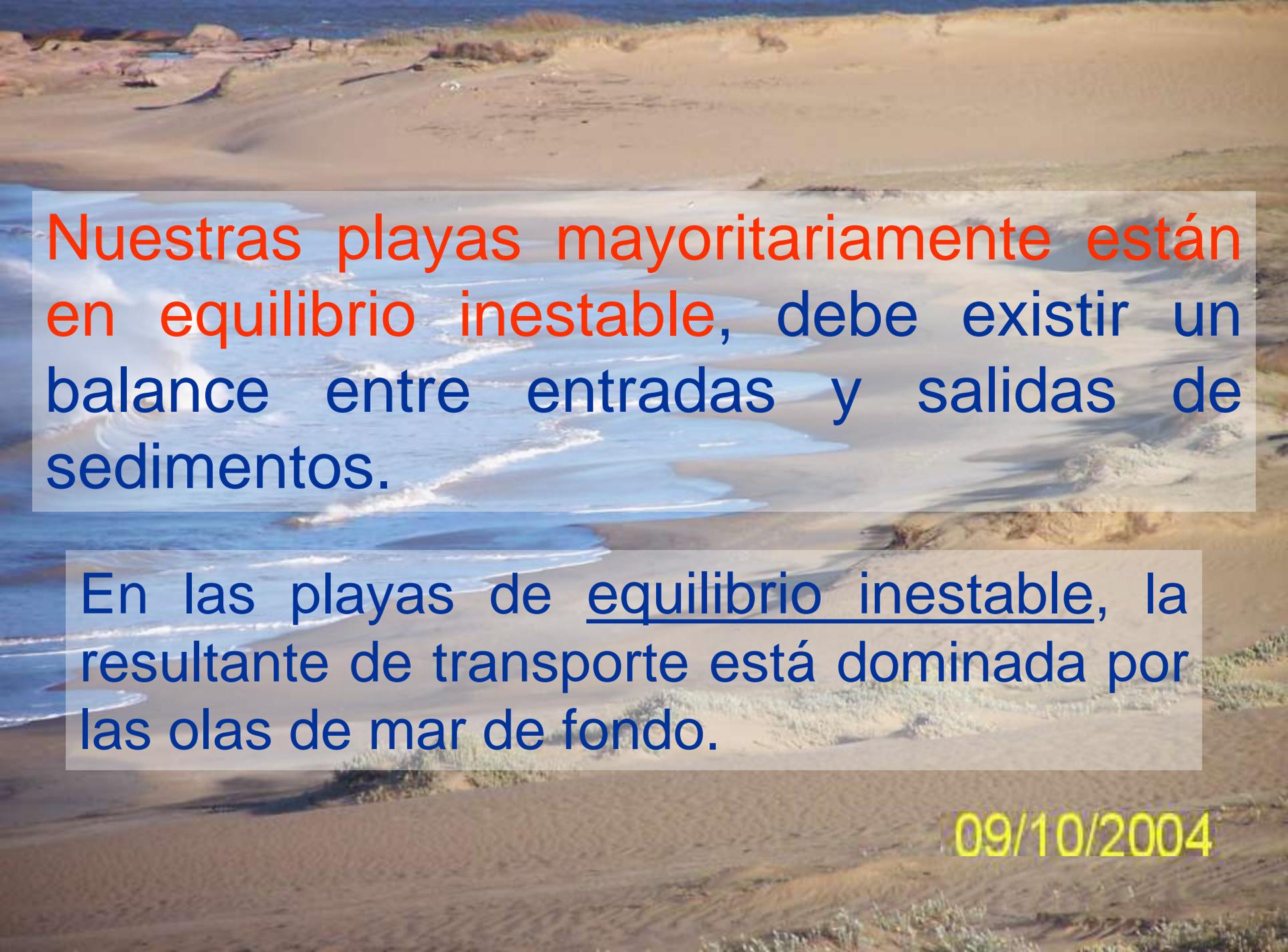
Dunas secundarias en posición de primarias



Cordón de Las Vegas



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



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

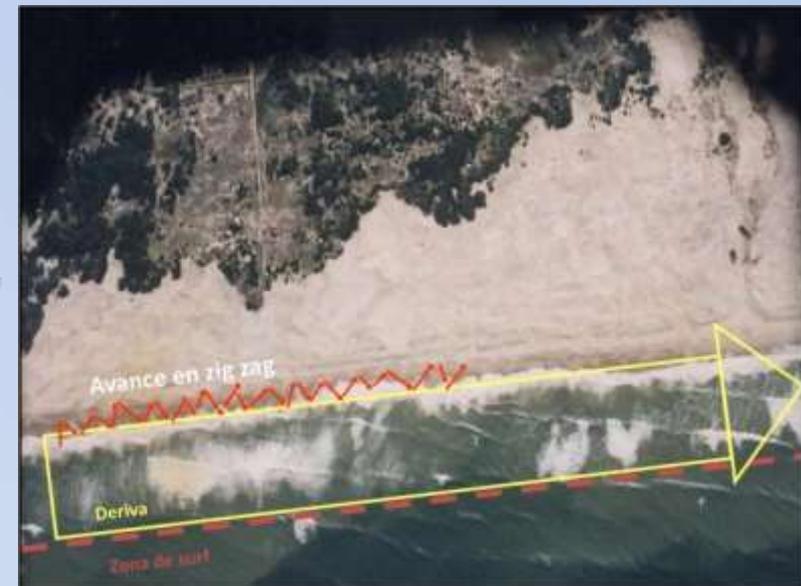
Tipos de playa

Equilibrio estable

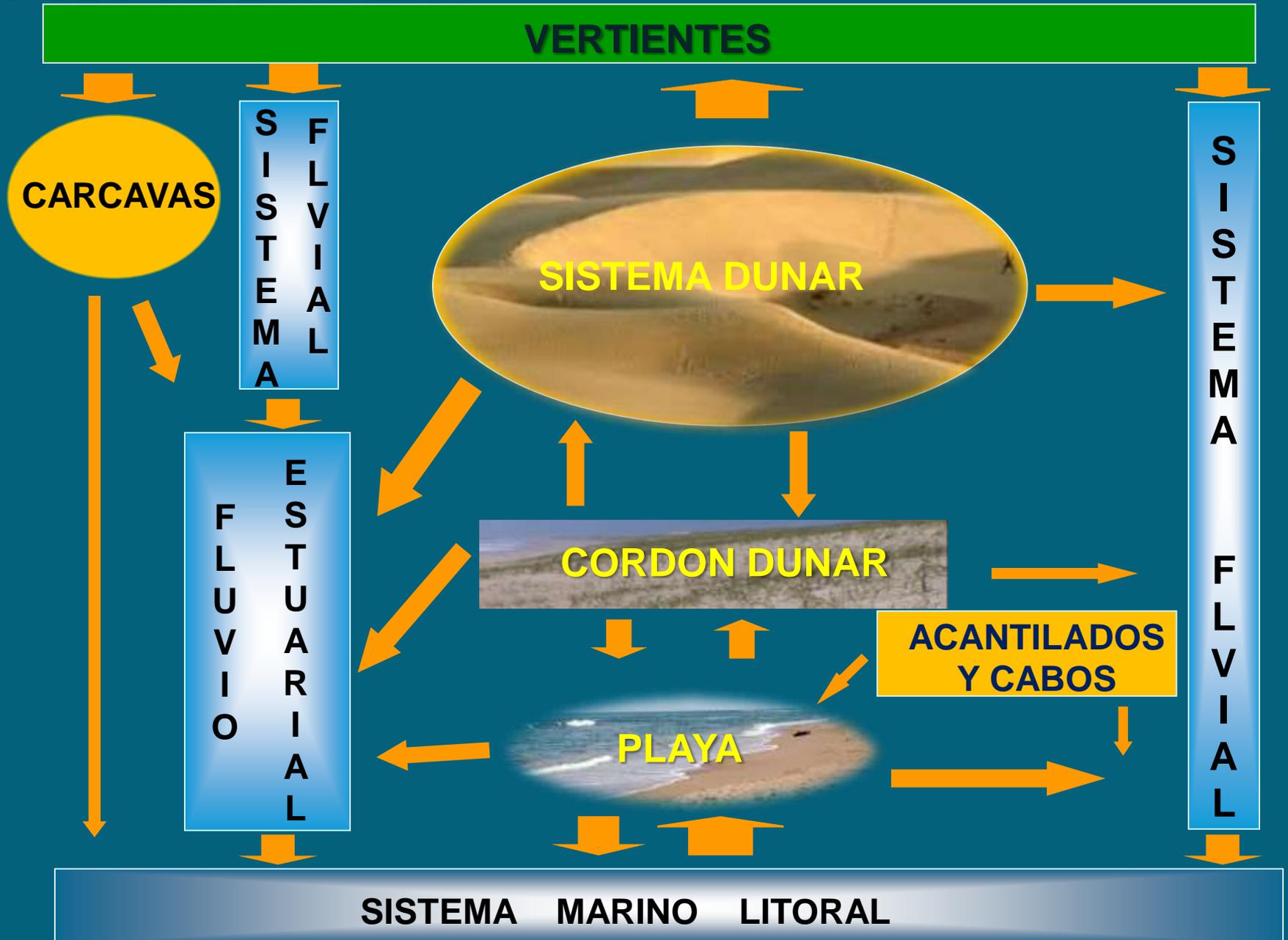
- Playas de bolsillo

Equilibrio inestable

- Playas con deriva



CICLO DE LA ARENA



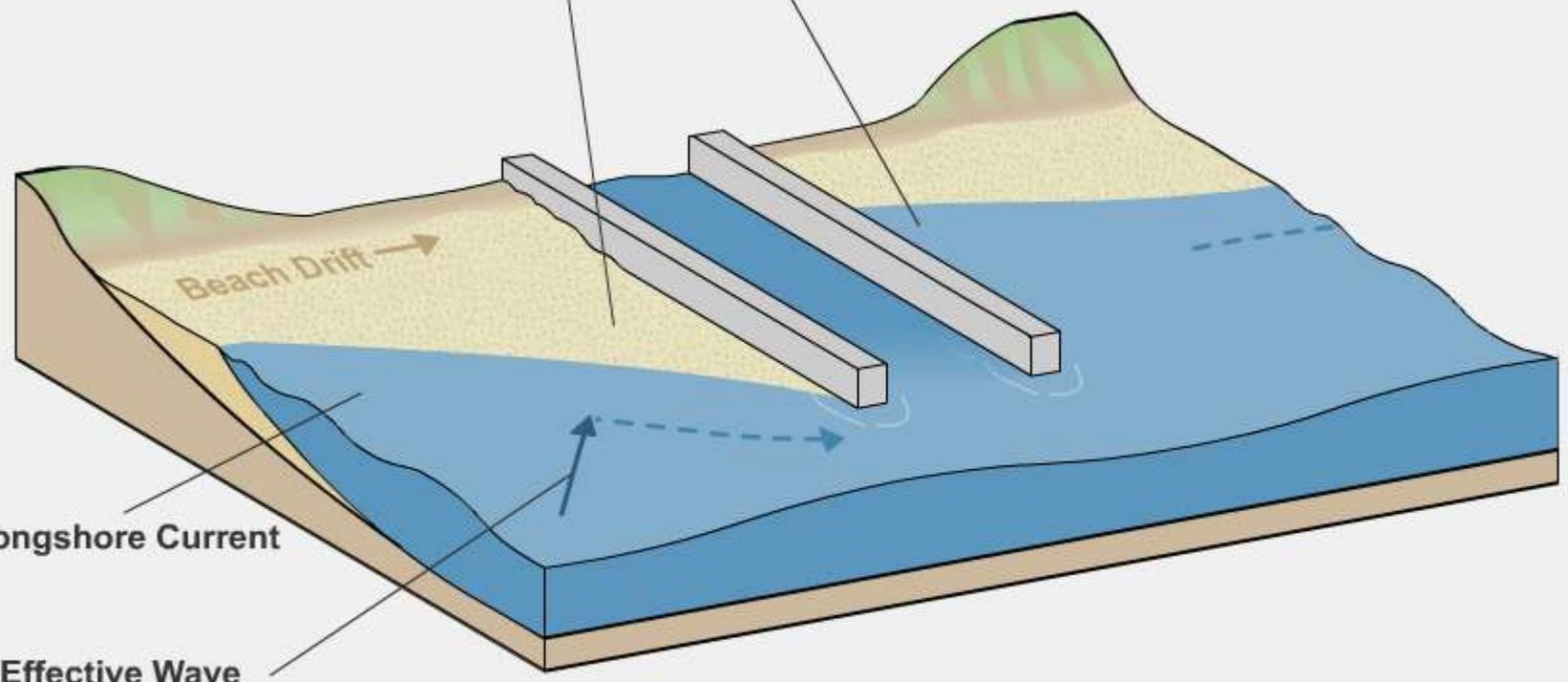
[View Image](#)

Deposition Erosion

Beach Drift →

Longshore Current

Effective Wave Direction



Add Groins

Remove Jetties

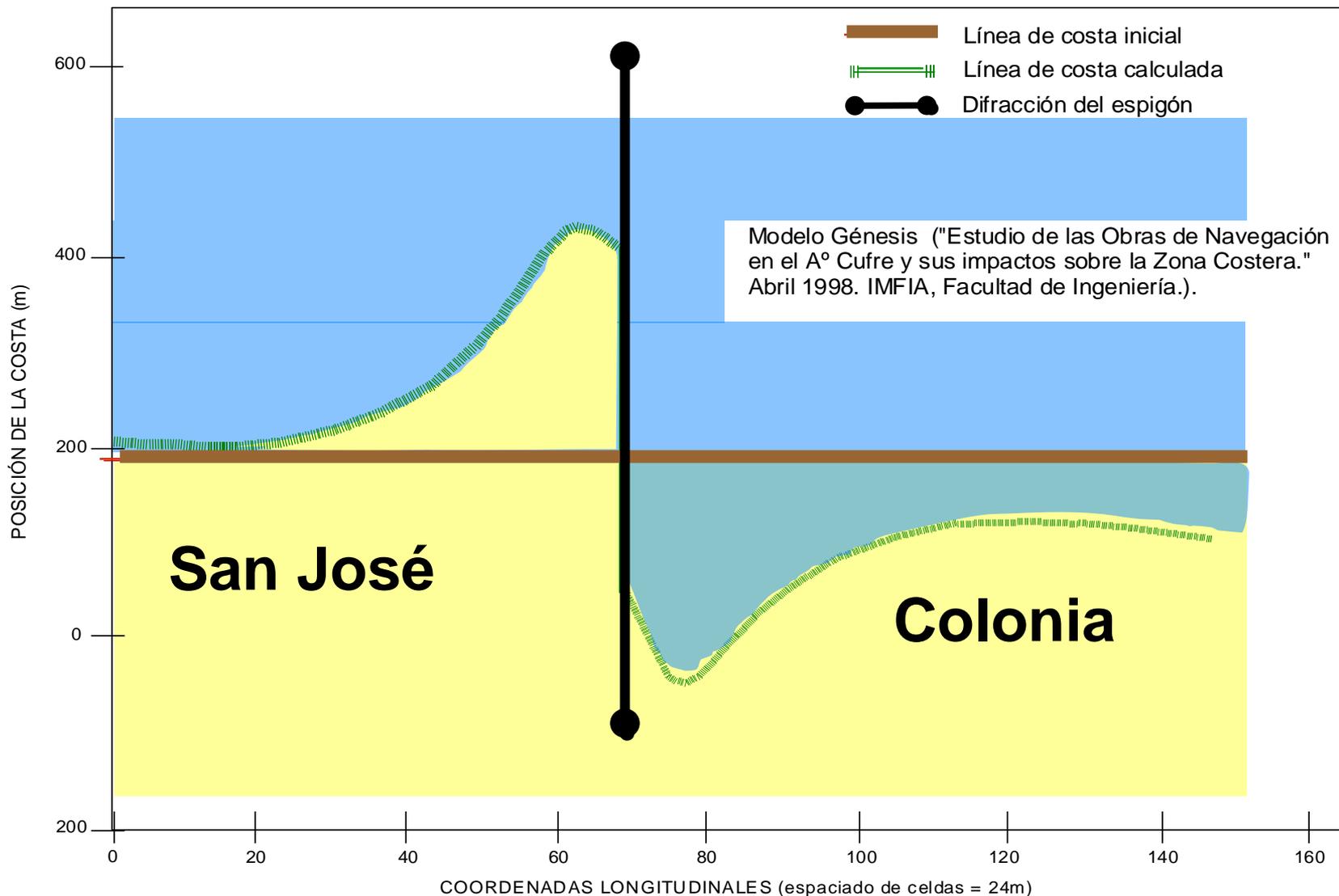
Add Breakwater

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

Conocer para intervenir



¿Cómo estudiar las tendencias a largo plazo en desembocaduras?

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:

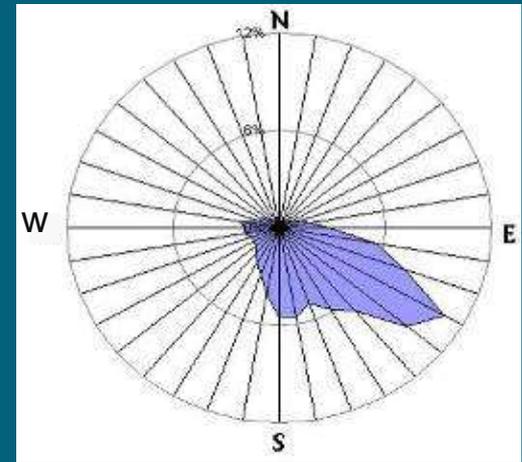
- a) bajo Uruguay,
- b) estuario interior,
- c) estuario exterior,
- d) costa oceánica.

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



Corresponden al estuario medio del Río de la Plata
Son ambientes micromareales (amplitud media <50cm)





Rosa de distribución del oleaje
(Panario *et al.*, 2008)



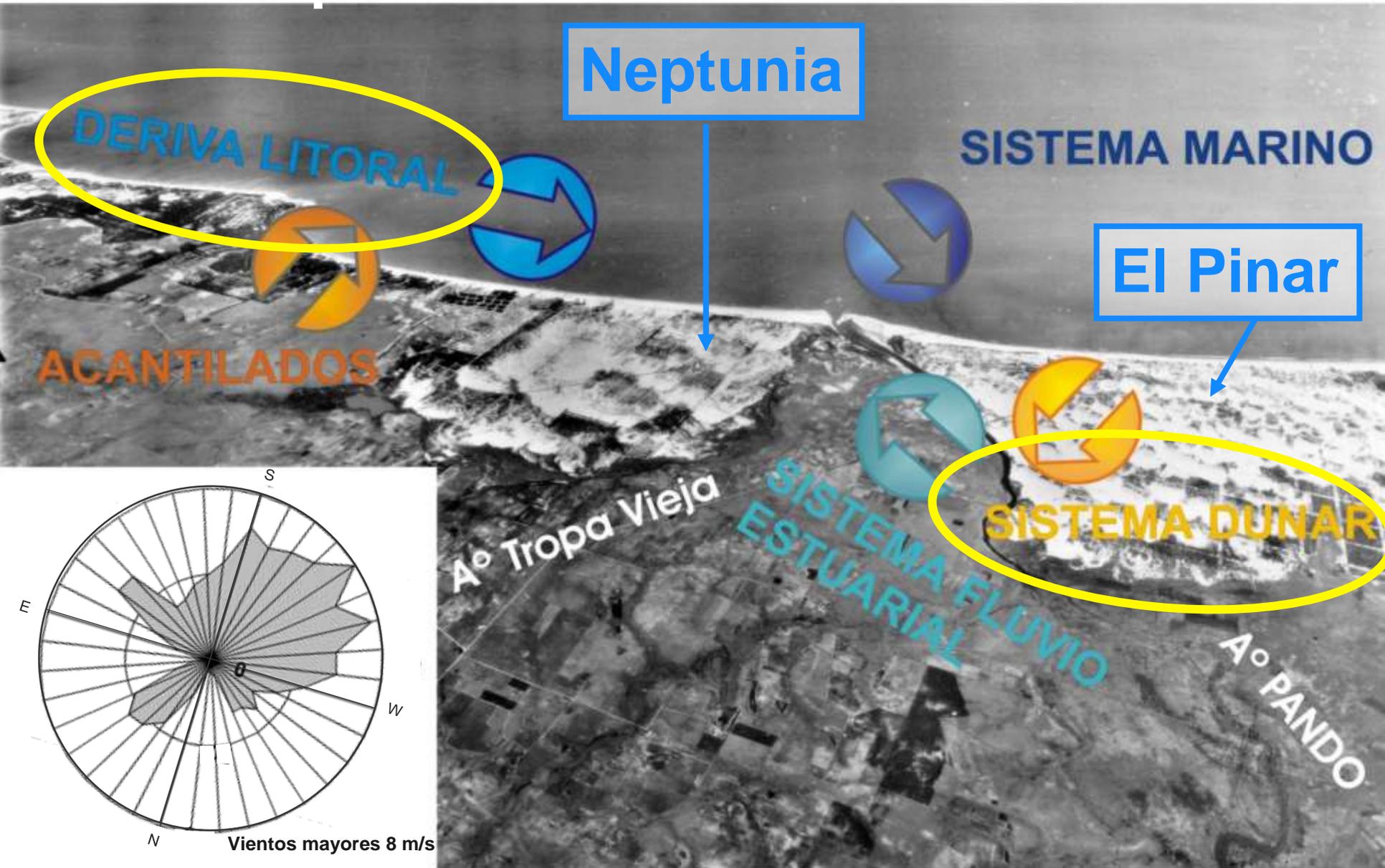
Con y sin evidencias de interacciones entre el sistema dunar y la costa.

Corresponden al estuario medio del Río de la Plata.

Son ambientes micromareales (amplitud media promedio <50cm).



Foto del año 1943 del SGM (Servicio Geográfico Militar)



Dirección y frecuencia de los vientos fuertes

Estas son las fuentes de arena:

Análisis de los sedimentos del fondo del canal del Arroyo Pando.

55

% en peso de las diferentes fracciones

| ARENA | | | | | LIMO | | Arena total | Limo total | Arcilla > 2 μ | Clase Textural |
|--------|----------|-------------|--------------|--------------|---------|--------|-------------|------------|---------------|----------------|
| 2-1 mm | 1-0,5 mm | 0,5-0,25 mm | 0,25-0,10 mm | 0,10-0,05 mm | 50-20 μ | 20-2 μ | | | | |
| — | 0,4 | 5,2 | 47,0 | 10,2 | 5,6 | 6,1 | 62,8 | 11,7 | 25,5 | FAcAr |

Arena fina

Análisis realizado por el método de la pipeta (Robinson, 1922 en *Soil Conservation Service*, 1972) realizado por el Laboratorio de Física de Suelos de la Dirección de Suelos y Aguas, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Uruguay.

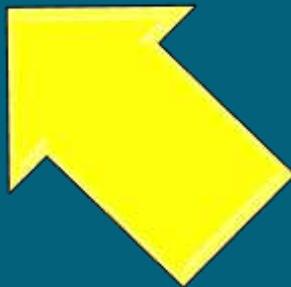
Desembocaduras

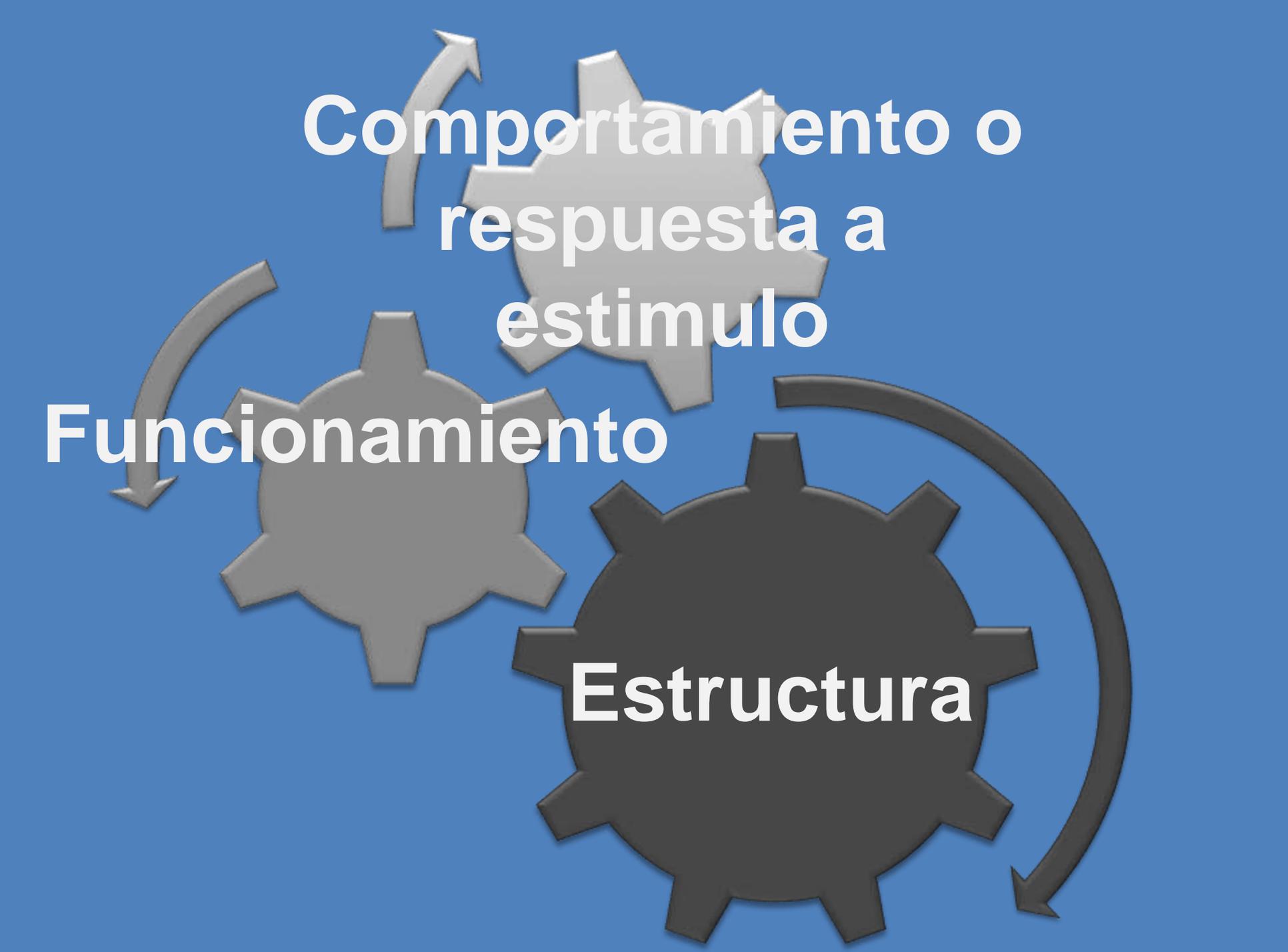
- procesos de erosión y migración del cauce



“Ciclo de la arena” (balance sedimentario costero)

- interrupciones o mermas





**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

A large red gear icon with a curved arrow pointing clockwise around it, symbolizing management or a cycle.

Gestión
de
ecosistemas

JUSTIFICACIÓN



59

En Uruguay ha sido comprobado la existencia de erosión costera en:

- Playas de distintas zonas costeras tanto del estuario como oceánicas.
- Desembocadura de numerosas vías de drenaje.

A través:

- Retroceso de la línea de costa.
- Disminución del prisma de playa.

Sus causas no han sido aun establecidas o se encuentran en debate.



DE DÓNDE VENIMOS?



60

- Durante el siglo pasado se realizaron numerosas acciones sobre el sistema dunar costero, reteniendo una cantidad significativa, y aun no estimada de la arena en circulación, en paralelo, las playas han comenzado a poner de manifiesto procesos claros de erosión y retroceso de la posición de la línea de costa.

Forestación

Minería

Urbanización

Espigones

Puertos

..., etc.





MÉTODOS Y TÉCNICAS

Construcción del SIG y bases de datos



Desembocadura Arroyo Pando

| AEROFOTOGRAFÍAS | | | |
|-----------------------|----------------|------------|--------------|
| Fecha | Característica | Fuente | Escala |
| 1937, 19 de mayo | panorámica | FAU | — |
| 1943, 14 de marzo | oblicua | SGM | 1:40.000 |
| 1951, 22 de octubre | vertical | FAU | 1:20.000 |
| 1960, 25 de octubre | vertical | FAU | 1:20.000 |
| 1964, 14 de setiembre | vertical | FAU | 1:20.000 |
| 1966, 27 de enero | vertical | SGM | 1:20.000 |
| 1966, 26 de diciembre | vertical | SGM | 1:20.000 |
| 1967, 13 de junio | vertical | SGM | 1:40.000 |
| 1971, 26 de enero | vertical | FAU | 1:10.000 |
| 1971, 26 de agosto | vertical | FAU | 1:10.000 |
| 1975, 21 de enero | vertical | FAU | 1:20.000 |
| 1976, 06 de febrero | vertical | FAU | 1:10.000 |
| 1976, 17 de junio | vertical | FAU | 1:20.000 |
| 1977, 13 de mayo | vertical | FAU | 1:20.000 |
| 1978, 26 de abril | vertical | FAU | 1:20.000 |
| 1980, 12 de enero | vertical | FAU | 1:50.000 |
| 1980, 25 de mayo | vertical | FAU | 1:20.000 |
| 1982, 13 de febrero | vertical | FAU | 1:20.000 |
| 1984, 4 de diciembre | vertical | FAU | 1:10.000 |
| 1987, marzo | vertical | SGM | 1:40.000 |
| 1990, 2 de junio | SPOT XS | — | pixel 25 m |
| 1994, mayo-junio | vertical | DINAMA | 1:5.000 |
| 1995, 23 de octubre | vertical | FAU | 1:10.000 |
| 1996, 22 de enero | vertical | FAU | 1:5.000 |
| 1997, abril | vertical | DINAMA | 1:5.000 |
| 1998, 1 de diciembre | vertical | CCG | pixel 0.75 m |
| 1999, 16 de noviembre | vertical | FAU | 1:20.000 |
| 2000, 25 de abril | vertical | FAU | 1:10.000 |
| 2000, 24 de noviembre | vertical | FAU | 1:20.000 |
| 2001, 21 de enero | vertical | FAU | |
| 2001, 21 de noviembre | vertical | FAU | 1:25.000 |
| 2002, marzo | vertical | DINAMA | |
| 2002, mayo | Vertical | Pyke y Cia | pixel 0.20 m |
| Totales: 33 | | | |

| Fecha | Característica | Fuente | Escala |
|---|---|--------|-----------|
| <i>Carta esférica del Río de la Plata desde su desembocadura hafta Buenos-Ayres</i> | levantada en 1789 y rectificada en 1794, (publicada 1798) | NMM | — |
| Hoja La Unión IX-29 | apoyo de campo 1928 (edición 1930) | SGM | 1:50.000 |
| Hoja Montevideo 24 | edición 1933 | SGM | 1:200.000 |
| Hoja El Pinar J-29-a | apoyo de campo mayo 1987 (edición noviembre 1988) | SGM | 1:25.000 |
| Hoja La Unión J-29 | apoyo de campo junio 1984 (edición agosto 1984) | SGM | 1:50.000 |

Desembocadura Arroyo Carrasco

| Fecha* | Fuente | Esc original |
|---------------------|--------------|--------------|
| 1939 | IMM | 1/5.000 |
| 1945, enero | IMM | 1/10.000 |
| 1954, mayo 14 | IMM | 1/15.000 |
| 1954, mayo 17 | IMM | 1/30.000 |
| 1961, abril 10 | IMM | 1/15.000 |
| 1961, diciembre 21 | IMM | 1/15.000 |
| 1970, diciembre 07 | IMM | 1/10.000 |
| 1973, octubre 27 | IMM | 1/10.000 |
| 1979, marzo 29 | IMM | 1/10.000 |
| 1985, diciembre | IMM | 1/10.000 |
| 1991, mayo | IMM | 1/5.000 |
| 1996, junio | IMM | 1/40.000 |
| 2000, enero | IMM | |
| 2003, octubre 23 | IMM | 1/10.000 |
| 2004, mayo | IMM | |
| 2006, septiembre 6 | Google Earth | |
| 2006, noviembre 12 | IMC | |
| 2007, septiembre 29 | IMM | 1/10.000 |
| 2008, abril 30 | Google Earth | |
| Totales: | | 19 |

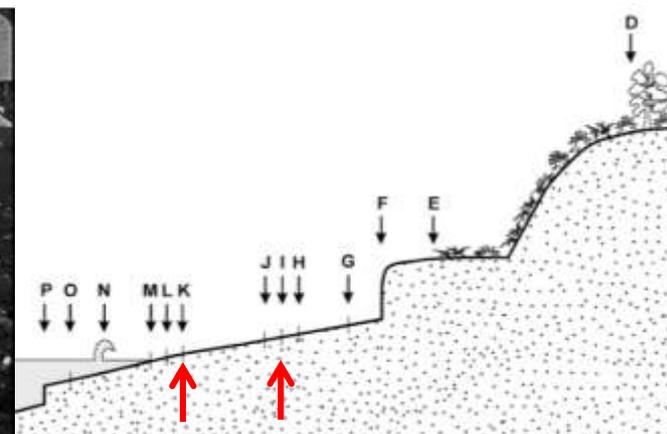


Carta levantada en el año 1789. El círculo amarillo señala la ubicación de una laguna en la desembocadura del Arroyo Pando, y la barra cerrada.

<http://www.nmm.ac.uk/collections/explore/chartzoom.cfm/imageID/K0886/x/6063/y/36/zoomlevel/2/#content>

CARTA ESFERICA
DEL RIO DE LA PLATA
desde su desembocadura hasta
BUENOS - AYRES,
Levantada
DE ORDEN DEL REY
en 1789, y rectificada en 1794.
POR VARIOS OFICIALES DE SU R.¹ ARMADA.
Presentada á S.M. por mano
DEL E.¹MO. S.¹ D. JUAN DE LANGARA
*Secretario de Estado y del Despacho
Univ.ª de Marina.*
Año de 1798.

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



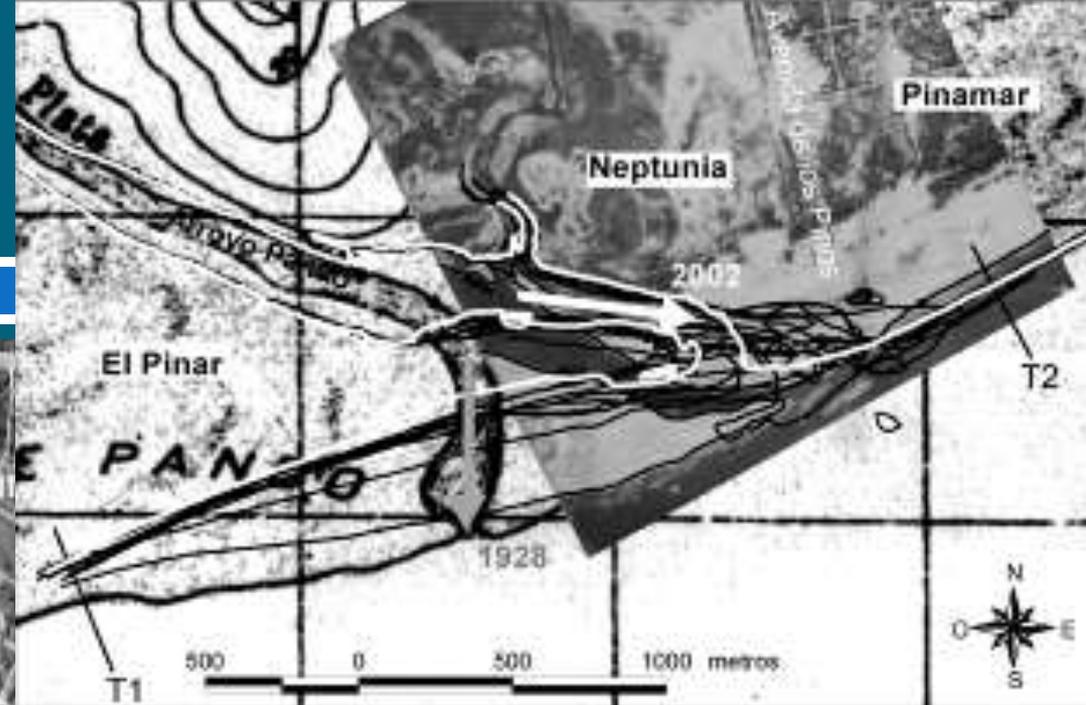
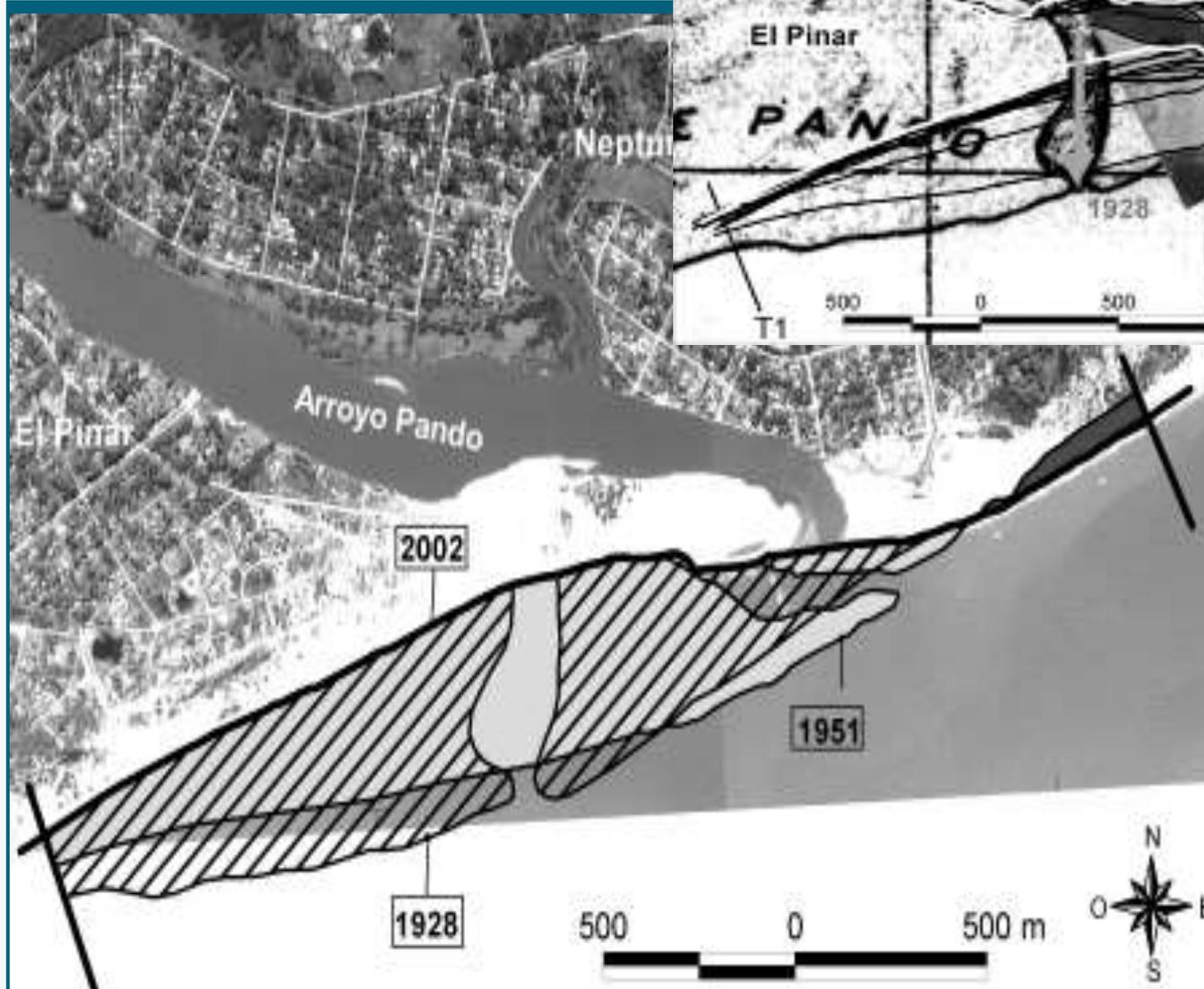
- A Bluff top/cliff top
- B Base of bluff/cliff
- C Landward edge of shore protection structure
- D Seaward stable dune vegetation line
- E Seaward dune vegetation line
- F Erosion scarp
- G Storm/debris line
- H An old high tide water level
- I Previous high tide high water level
- J Mean high water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

I - línea de marea alta previa - LMAP

K - línea seca/húmeda o zona actual de alcance de la ola - LSH-ZAIO

(Boak & Turner, 2005)

Análisis de las desembocaduras



Artefacto
línea de año base
("año cero")

Medición del aporte del campo de dunas en el Arroyo Pando

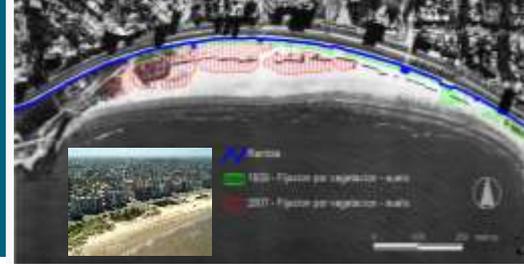


Estimación de la diferencia de volúmenes transportados antes y después de la forestación y urbanización del campo dunar del Arroyo Pando.

Estimación de aportes actuales a partir de la barra arenosa (margen de El Pinar).

Para el cálculo del volumen de arena se utilizó el modelo de Fryberger *et al.* (1984) ajustado por Panario y Piñeiro (1997).

Otros parámetros utilizados para el análisis



Archivo de datos del NCEP/NCAR (*National Center for Environmental Prediction - National Center for Atmospheric Research*) de NOAA-CIRES Climate Diagnostic Center ([Kalnay et al., 1996](#)),

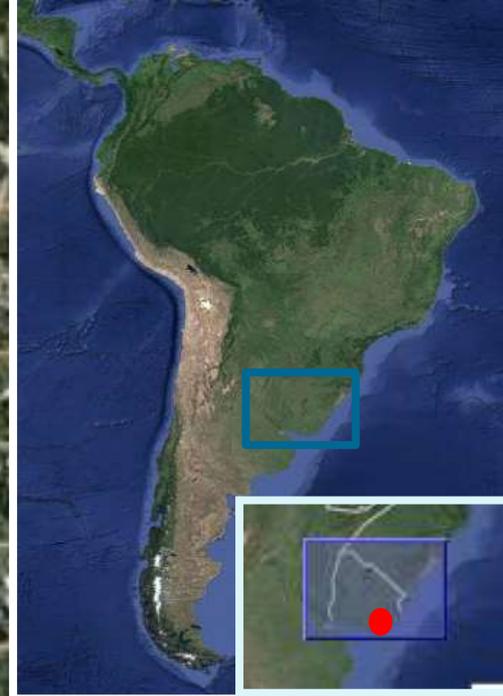
- * **Zonal Wind (u) y Meridional Wind (v)**
(periodo 01/1948 12/2009 a nivel de superficie).
- * **Precipitación Rate**

Viento zonal - El viento, o el componente de viento, siguiendo el paralelo de latitud local, a diferencia del viento meridional. En un sistema de coordenadas horizontales fijas a nivel local con el **eje x** dirigida hacia el E y el **eje y** dirigido hacia el N, el viento zonal es positivo si sopla desde el W y negativo si desde el E.

Viento meridional - El viento o componente del viento a lo largo del meridiano local, a diferencia de los vientos zonales. En un sistema de coordenadas horizontales fijas a nivel local con el **eje x** dirigida hacia el E y el **eje y** hacia el N, el viento meridional es positivo si sopla desde el S, y negativo si desde el N.



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



Desembocadura del Arroyo Pando

Canalización realizada para desecar los bañados del Aº Pando (flecha roja), y orientación de la desembocadura en el año 1920 (fecha del relevamiento).



Vista panorámica de la desembocadura del Arroyo Pando.
Foto: 19 de mayo de 1937, SSRFAU.

Fuente: Mapoteca, SGM.



Carta del Uruguay
Relevamiento año 1928.
Esc: 1:50.000



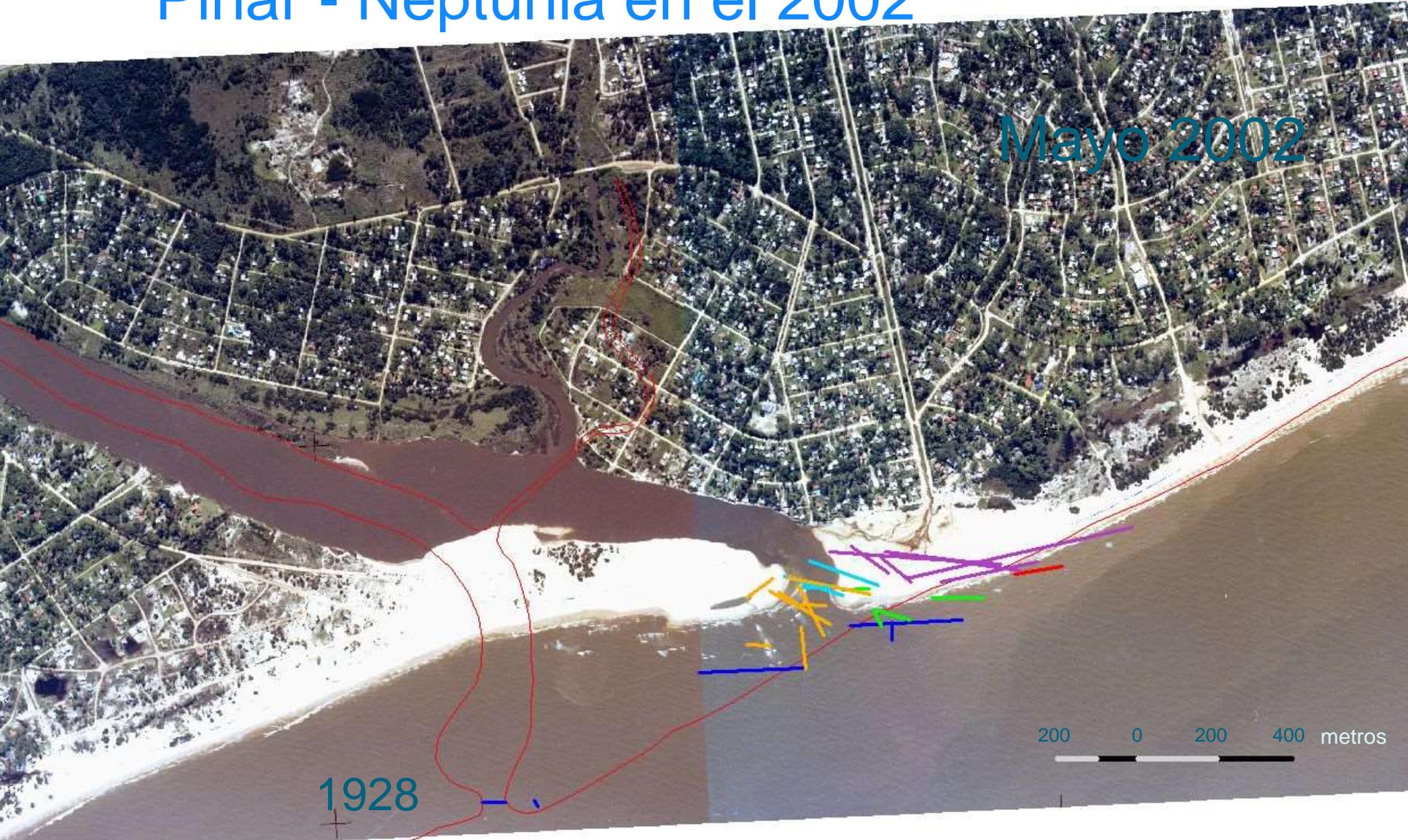
Cañada

Año 2002

AÑO

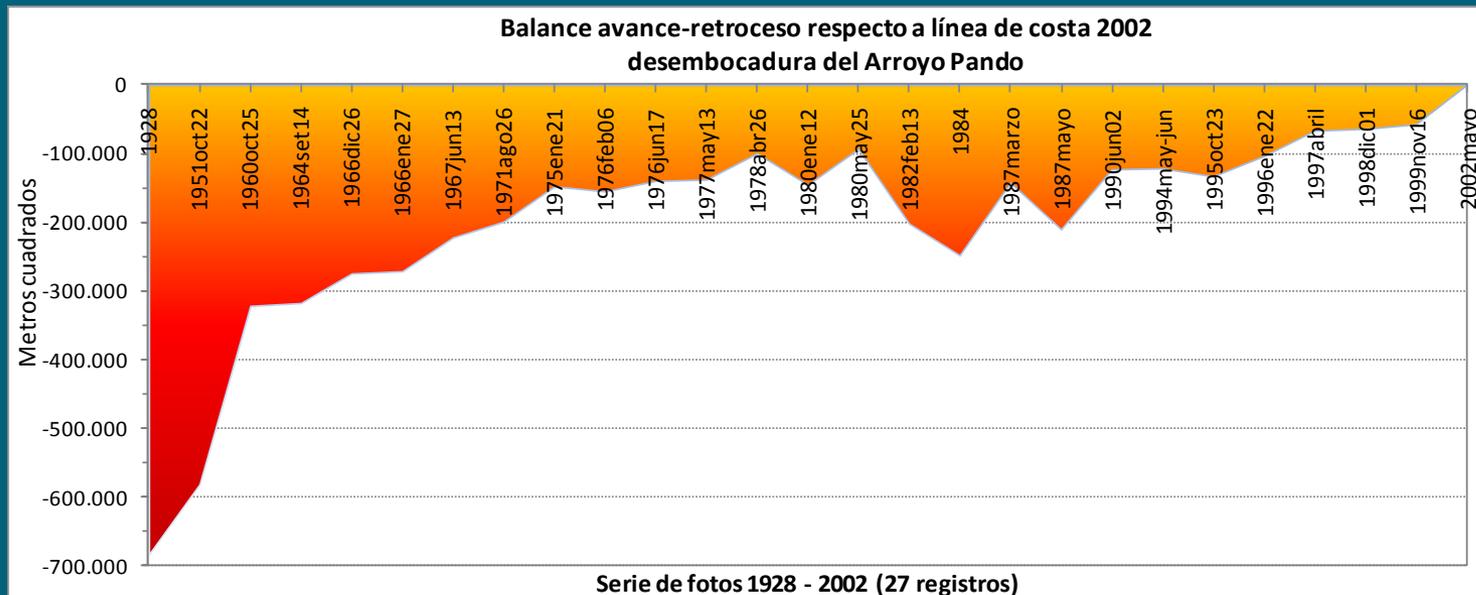
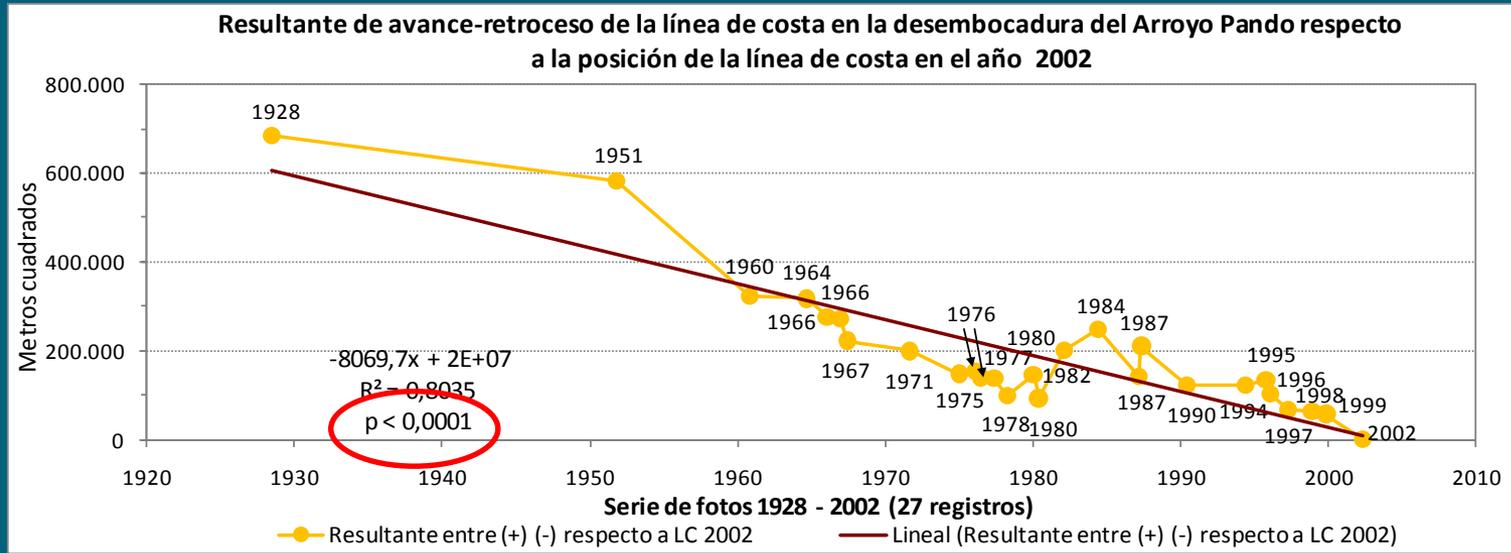
FRANCON DE

Pinar - Neptunia en el 2002



Las líneas de colores indican las posiciones de la desembocadura entre el año 1928 y el 2002 ¿tenemos conciencia de los impactos que hemos producido?

Algunos resultados Desembocadura A⁰ Pando:



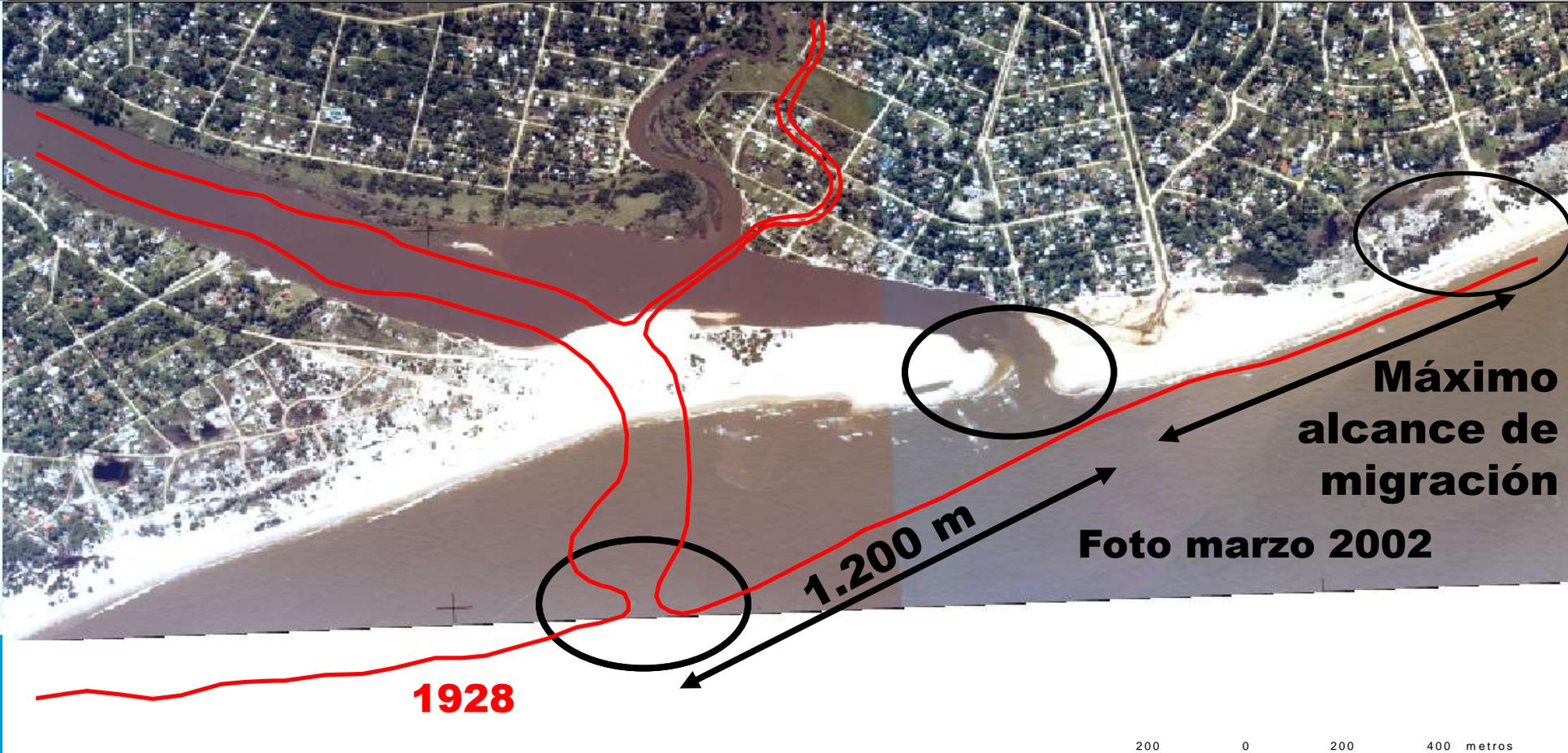
Proxy: línea de marea alta previa (LMAP)

19 de mayo de 1937



1937

habiendo retrocedido la playa de El Pinar 400 m en estos 74 años.



1928

1.200 m

Máximo alcance de migración

Foto marzo 2002

200 0 200 400 metros



| | |
|--|-------------|
| | 1928 - 1937 |
| | 1943 - 1960 |
| | 1964 - 1967 |
| | 1971 |
| | 1975 - 1982 |
| | 1987 - 1998 |
| | 1999 - 2002 |

1928

5/1937

Evolución de ubicación de las desembocaduras del A° Pando

1/1975
2/1976
11/2001
5/1980
6/1967
5/2002
8/1976
3/1977
2/1982
1943
4/1997
11/1999
12/1998
6/1967
10/1995
5-6/1994
3/1987
8/1971
6/1990
9/1964
1/1966
12/1966
10/1960
10/1951

ROLU B.M.V.15-IV-937-F.030-R.190-M.H.15-15-DESEMBOCADURA ARROYO PANDO-Ob.Tic. R.V.F.S. GOMEZ-Neg. N° 1854

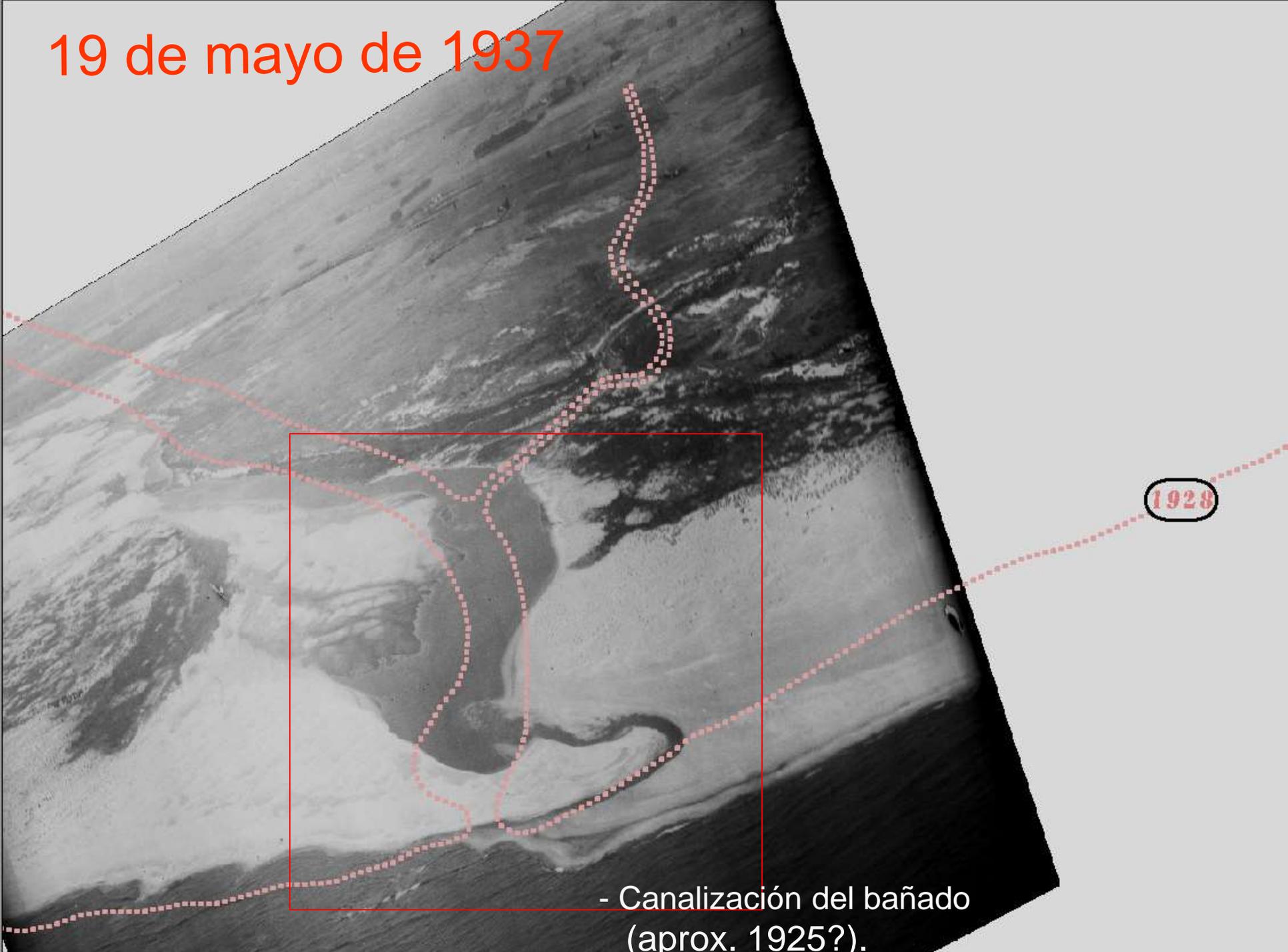
A° Pando

Así se veían el Pinar y Neptunia

Río de la Plata

19 de mayo de 1937

19 de mayo de 1937

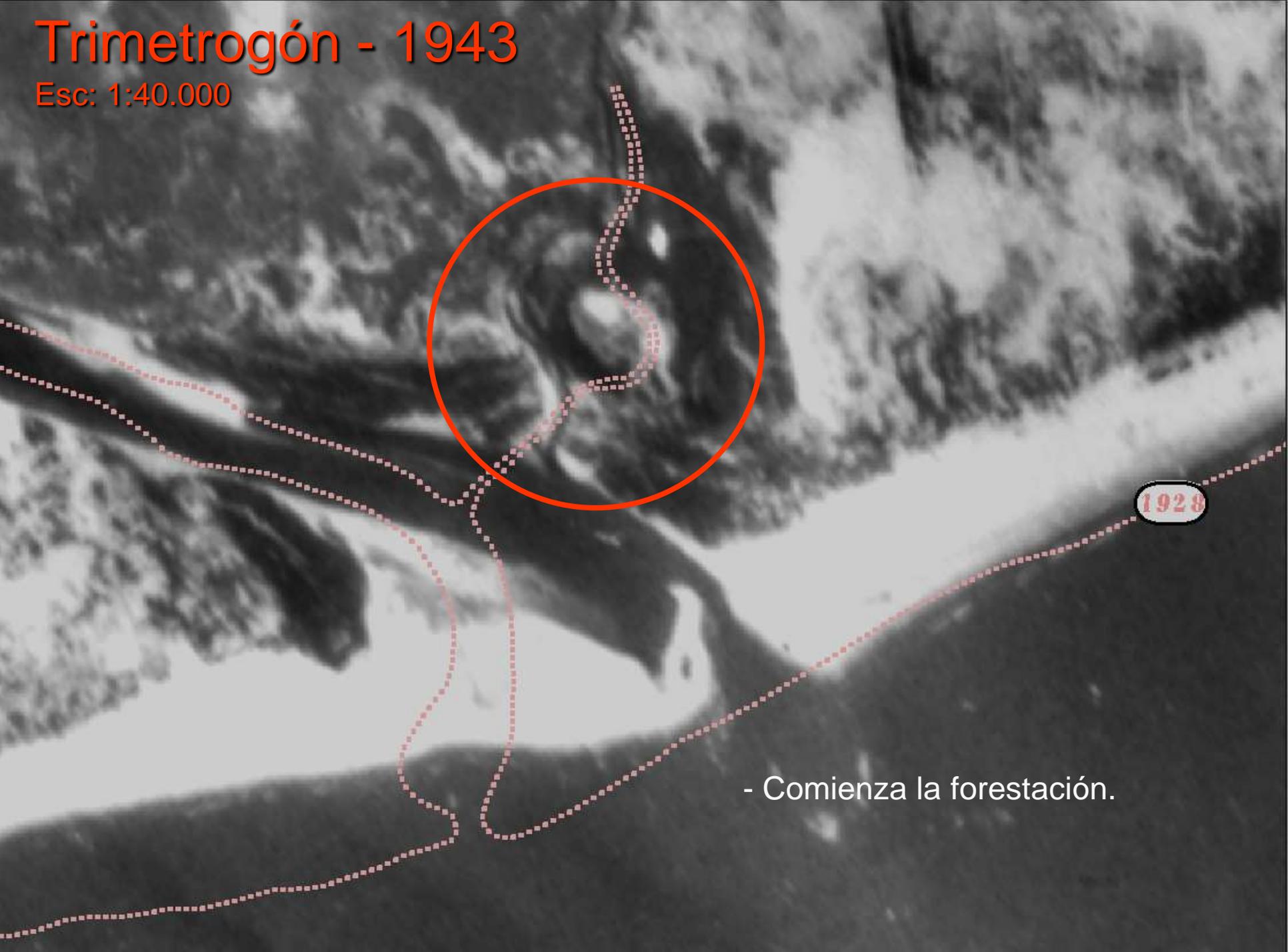


1928

- Canalización del bañado
(aprox. 1925?).

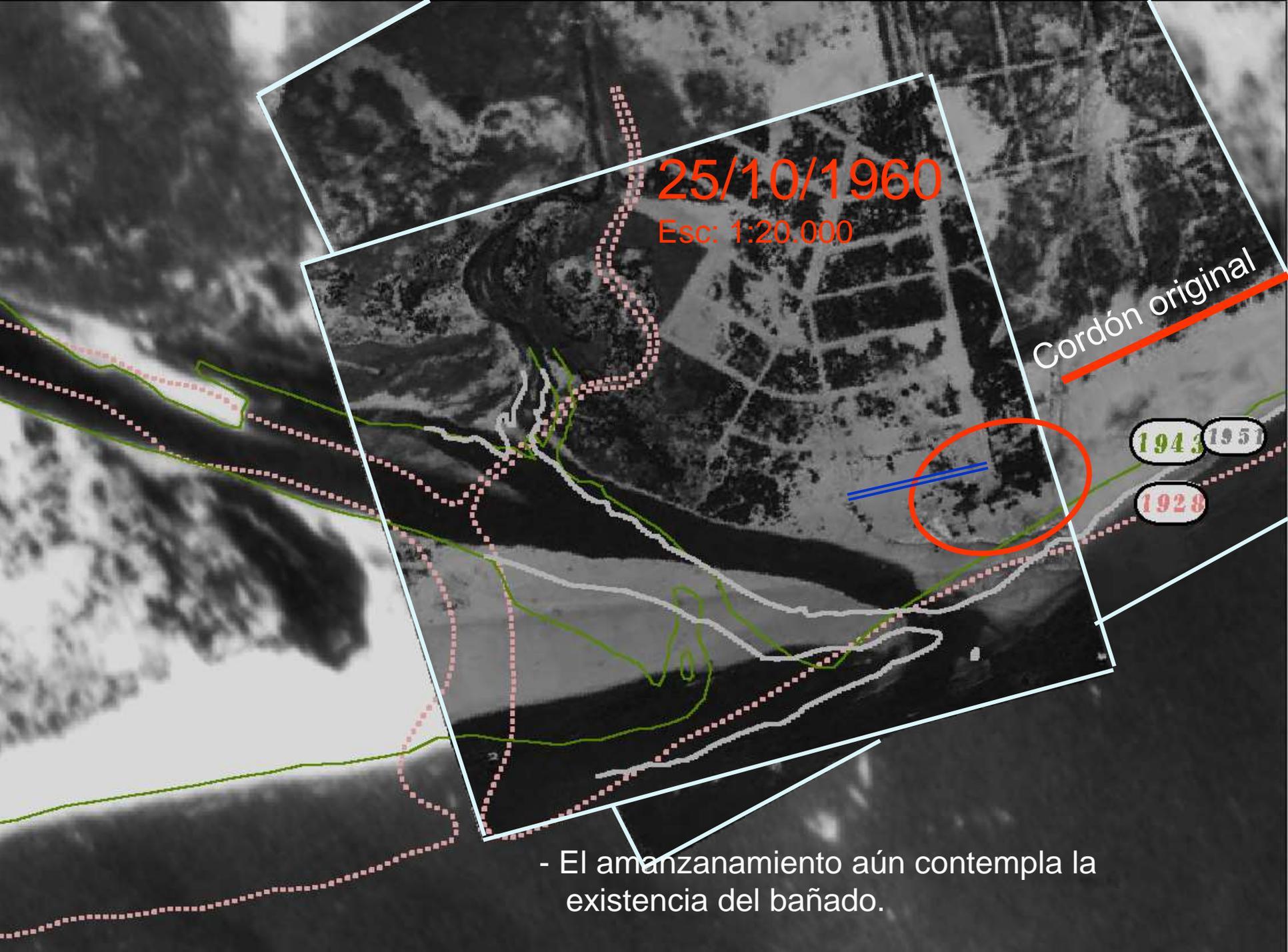
Trimetrogón - 1943

Esc: 1:40.000



1928

- Comienza la forestación.



25/10/1960

Esc: 1:20.000

Cordón original

1943

1951

1928

- El amanzanamiento aún contempla la existencia del bañado.

26/8/1971

Esc: 1:10.000



junio

diciembre

1976

1976

1975

1977

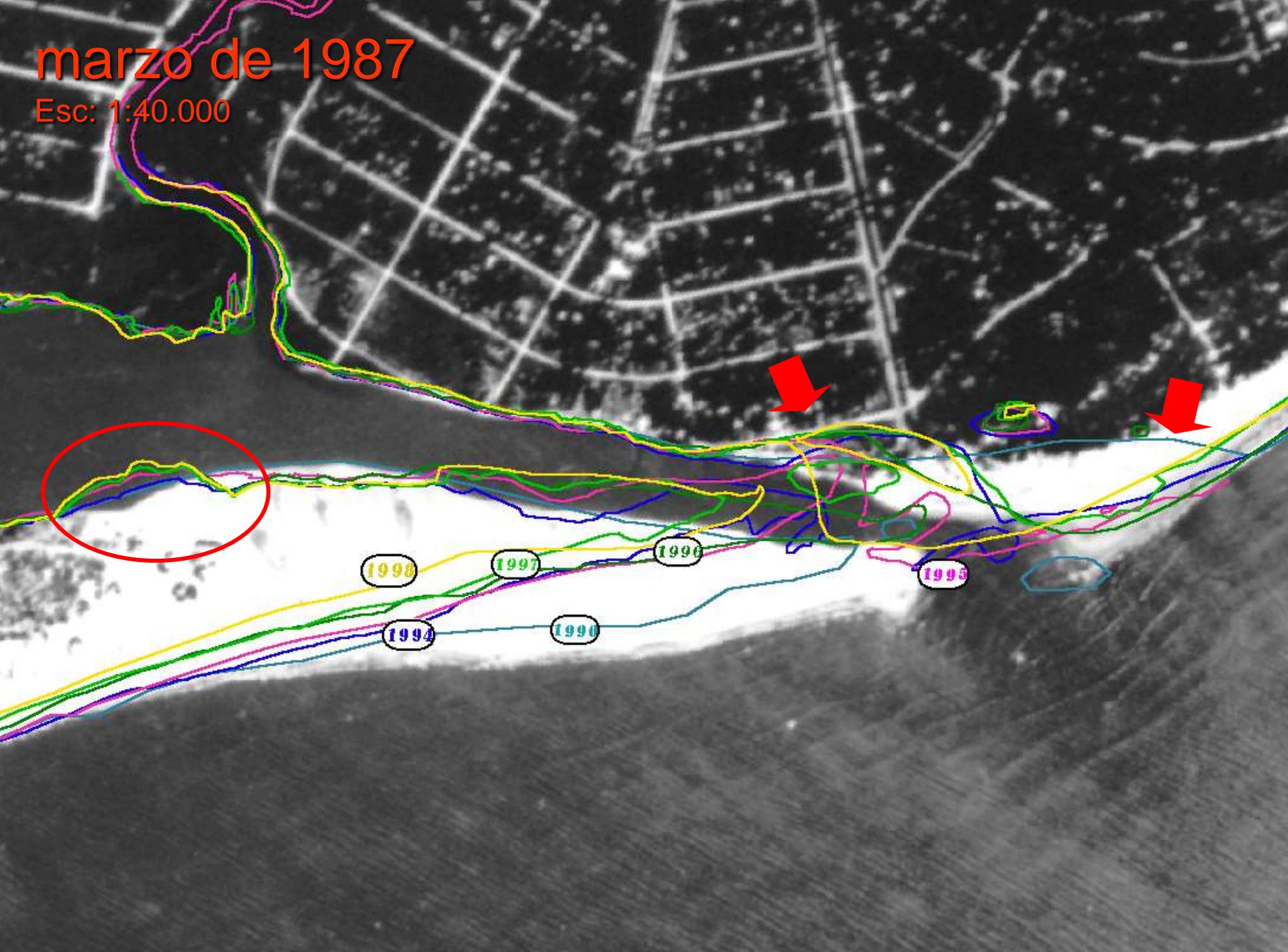
1980

1982

Año 1971, primera gran excursión hacia el E.

marzo de 1987

Esc: 1:40.000



mayo-junio del 1994

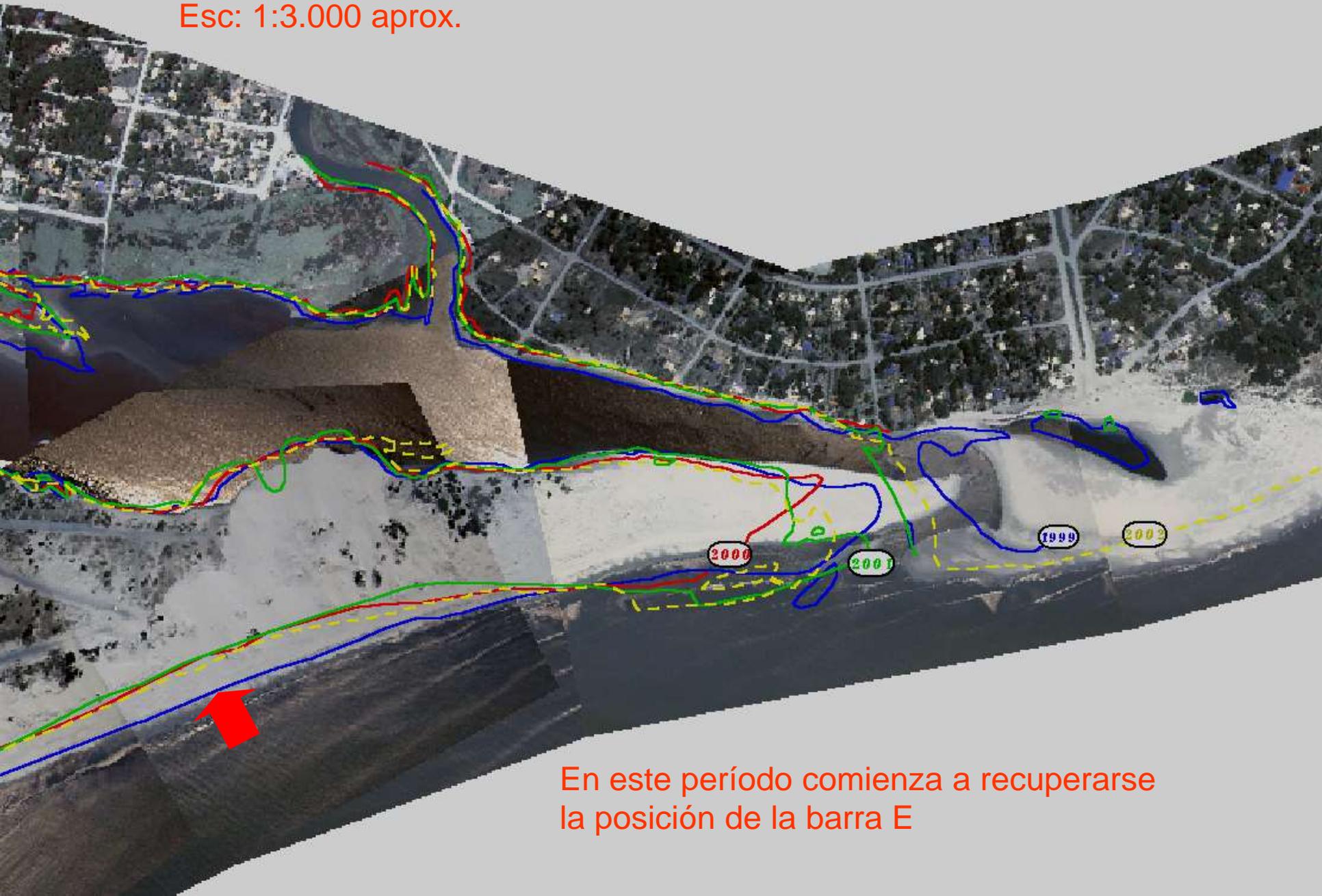
Esc: 1:5.000 aprox.



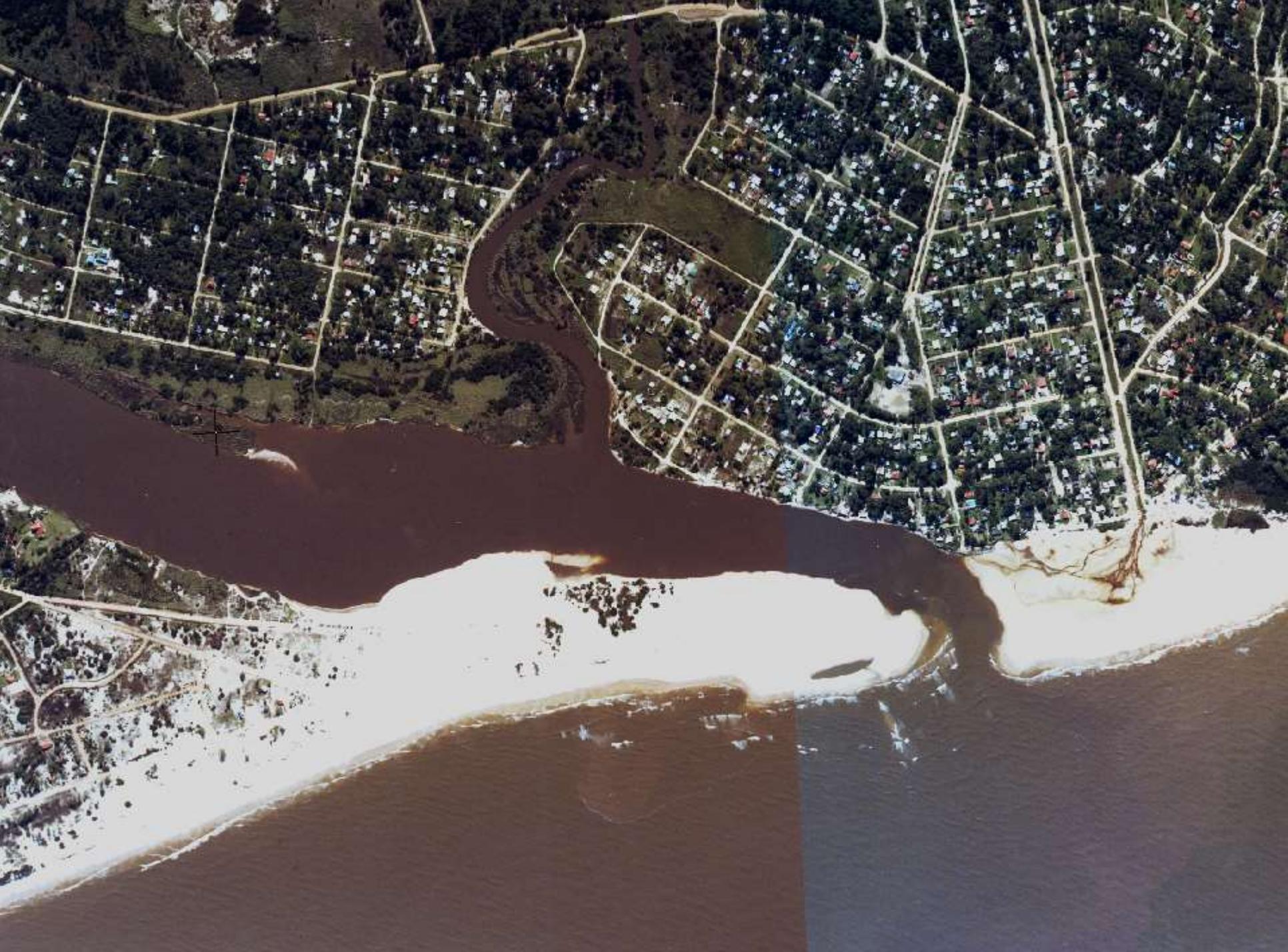
En el año 1994 se produce una extracción de arena de la barra que alcanza el nivel de la freática. A partir de ese momento se produce un violento retroceso de la costa E

1/12/1998

Esc: 1:3.000 aprox.



En este período comienza a recuperarse la posición de la barra E



mayo del 2002



Batimetria Aº Pando 19-11-02

- Borde / hormigón / hitos
- 0.9 - 1.2 metros
- 1.3 - 1.8 metros
- 1.9 - 2.4 metros
- 2.5 - 3.0 metros
- 3.1 - 3.9 metros
- 4.2 - 5.1 metros

Batimetria Aº Pando 16/6/2002

- △ Borde / hitos
- △ 0.9 - 1.2 metros
- △ 1.3-1.8 metros
- △ 1.9-2.4 metros
- △ 2.5-3.0 metros
- △ 3.1 - 3.9 metros



Rangos de profundidad

- 4.5 - 5.1
- 4.0 - 4.4
- 3.5 - 3.9
- 2.9 - 3.4
- 2.4 - 2.8
- 1.9 - 2.3
- 1.3 - 1.8
- 0.8 - 1.2
- 0.3 - 0.7

La eliminación de la vegetación en la barra del Pando ha producido estas lenguas de arena



19/08/2005



Las raíces cortas del césped facilitan el derrumbe

Por delante de la casa en construcción de dos pisos, ya el arroyo se había llevado una vivienda, del mismo propietario en los últimos años.

Foto Aelita Moreira

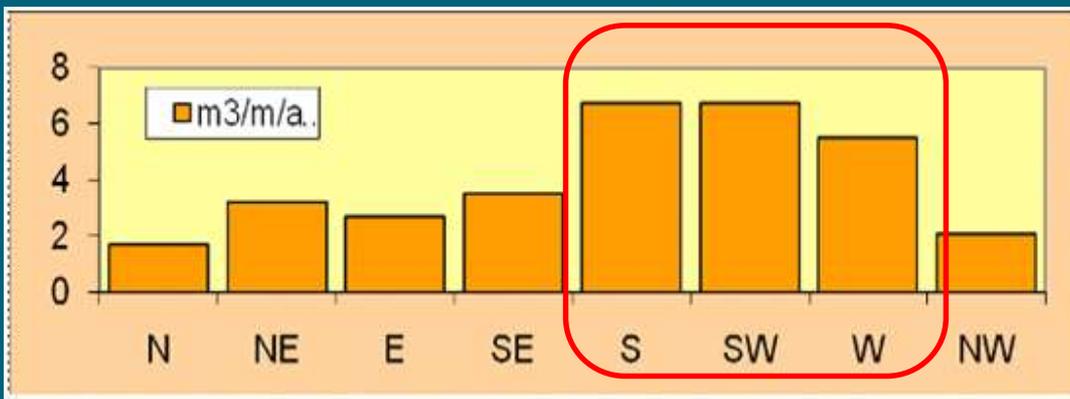


Desembocadura Arroyo Pando, margen de Neptunia.

09/01/2003



03/11/2006



Volúmenes transportados de arena según direcciones de viento calculado para datos de las estaciones meteorológicas de Carrasco y Punta Brava (Piñeiro, 2010).

Volumen estimado de transporte de arena por metro lineal para el perfil de viento de las estaciones meteorológicas de Carrasco y Punta Brava (Piñeiro, 2010).

20 m³/año transporte por metro lineal de contacto de **X** lineales de contacto con el campo dunar = aporte neto anual desde el sistema dunar de 62.000 m³

Algunos cálculos para el período 1960 y 2002 (42 años):

- * 2.604.000 m³ de aporte total
- * retroceso de playa medido (-)312.524 m²
- * Para prisma de playa (promedio de 3 m.), pérdida estimada en unos 964.574 m³

Para explicar 1.639.425 m³ → aporte adicional de 39.033 m³/año

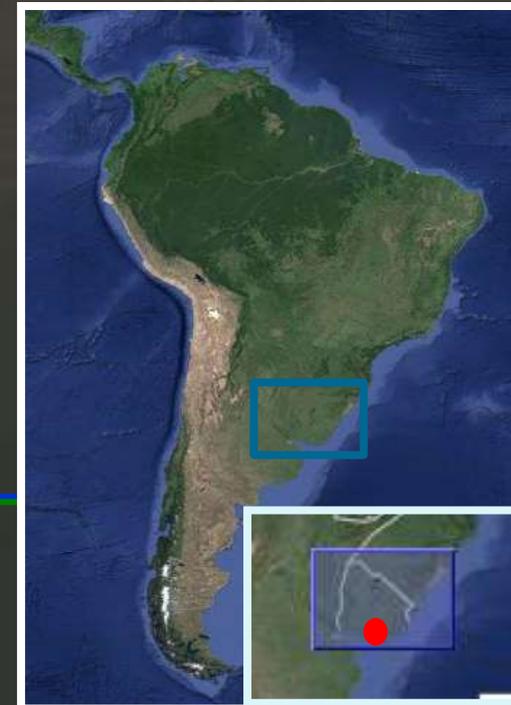
Barra (1.000 metros de contacto) aportaría 20.000 m³/año Sedimentos en tránsito en el curso Deriva litoral (MTOPI/PNUD/UNESCO, 1979)

| Rumbo | m³/m/año |
|-------|----------|
| N | 2 |
| NE | 3 |
| E | 3 |
| SE | 4 |
| S | 7 |
| SW | 7 |
| W | 6 |
| NW | 2 |

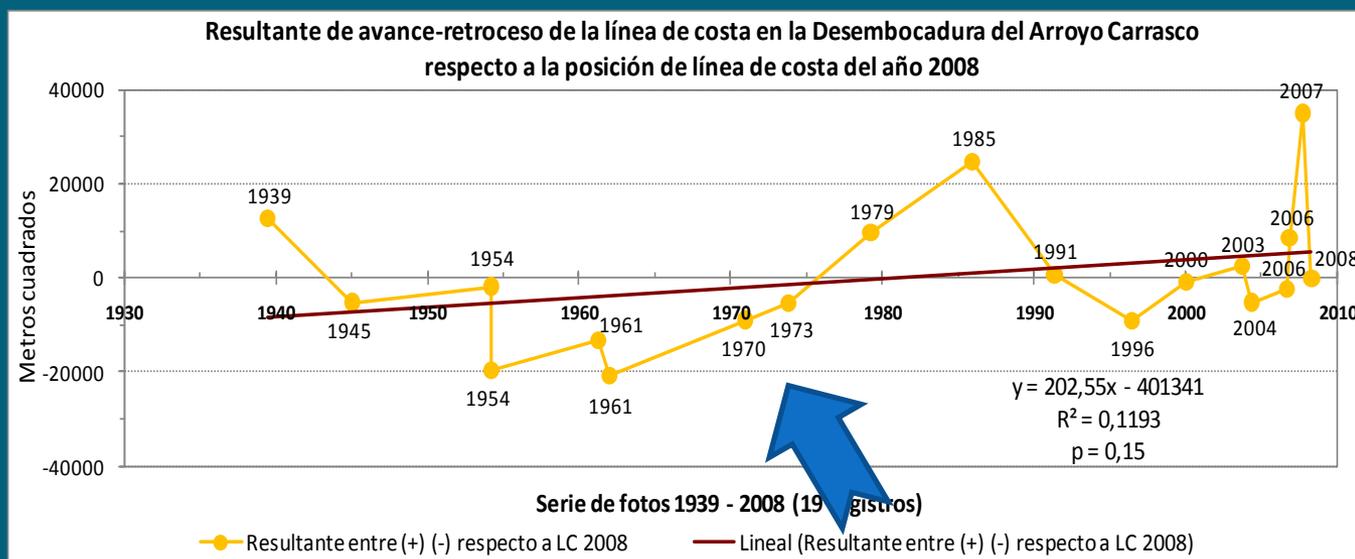
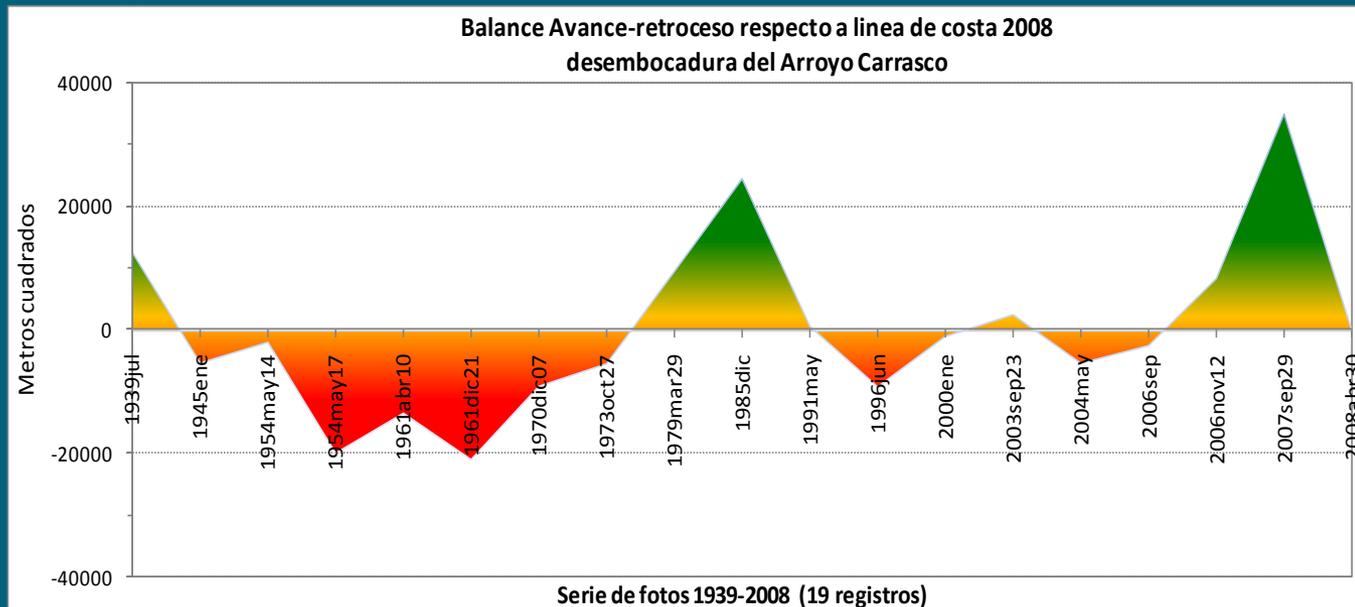
Gutiérrez, O., Panario, D., Nagy, G.J., 2018. Relationships between the sand cycle and the behaviour of small river mouths: a neglected process. *Journal of Sedimentary Environments* 3, 307–325.
doi:10.12957/jse.2018.39307

<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/jse/article/view/39307/27579>

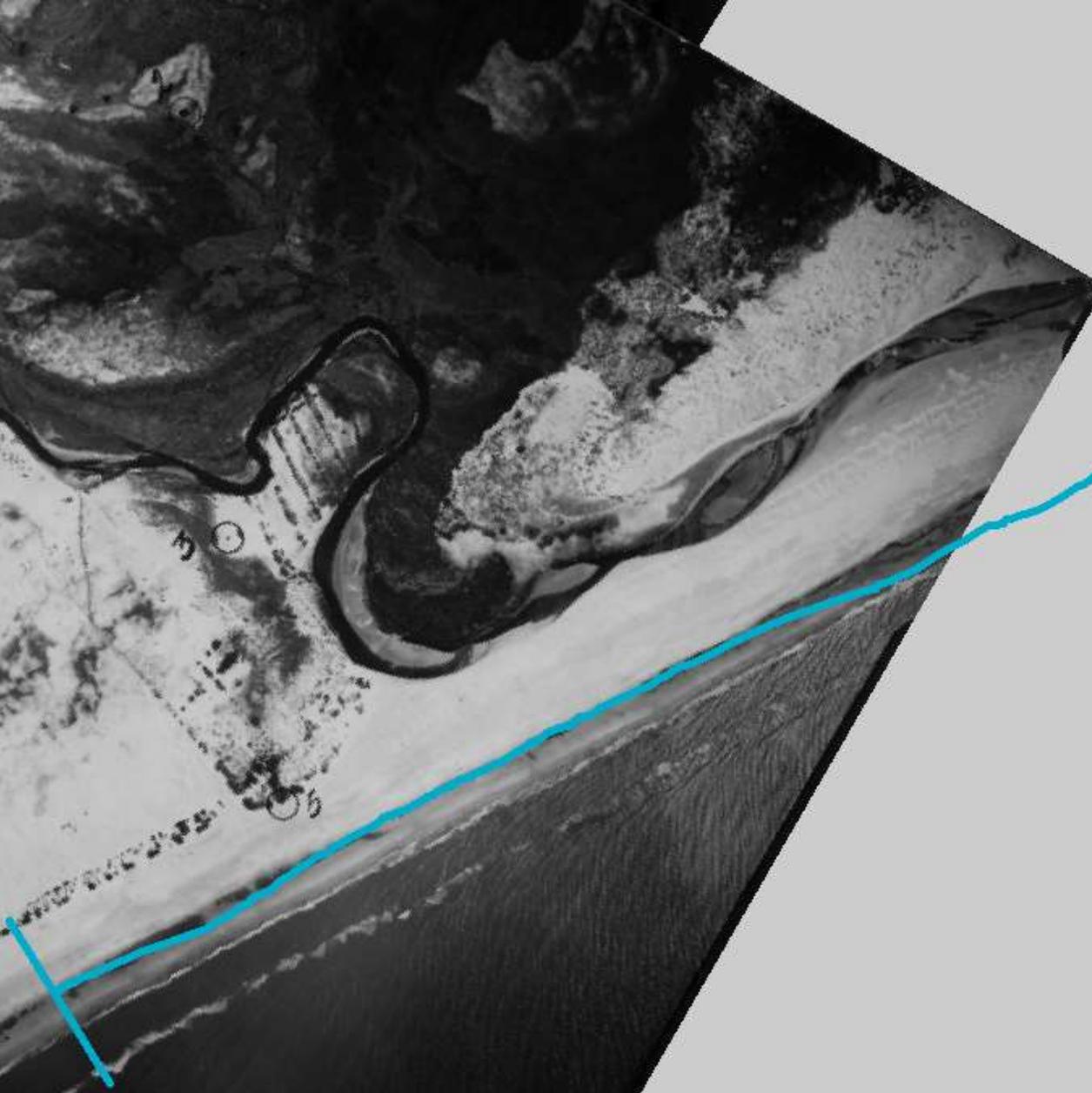
Desembocadura del Arroyo Carrasco



Algunos resultados Desembocadura A° Carrasco:

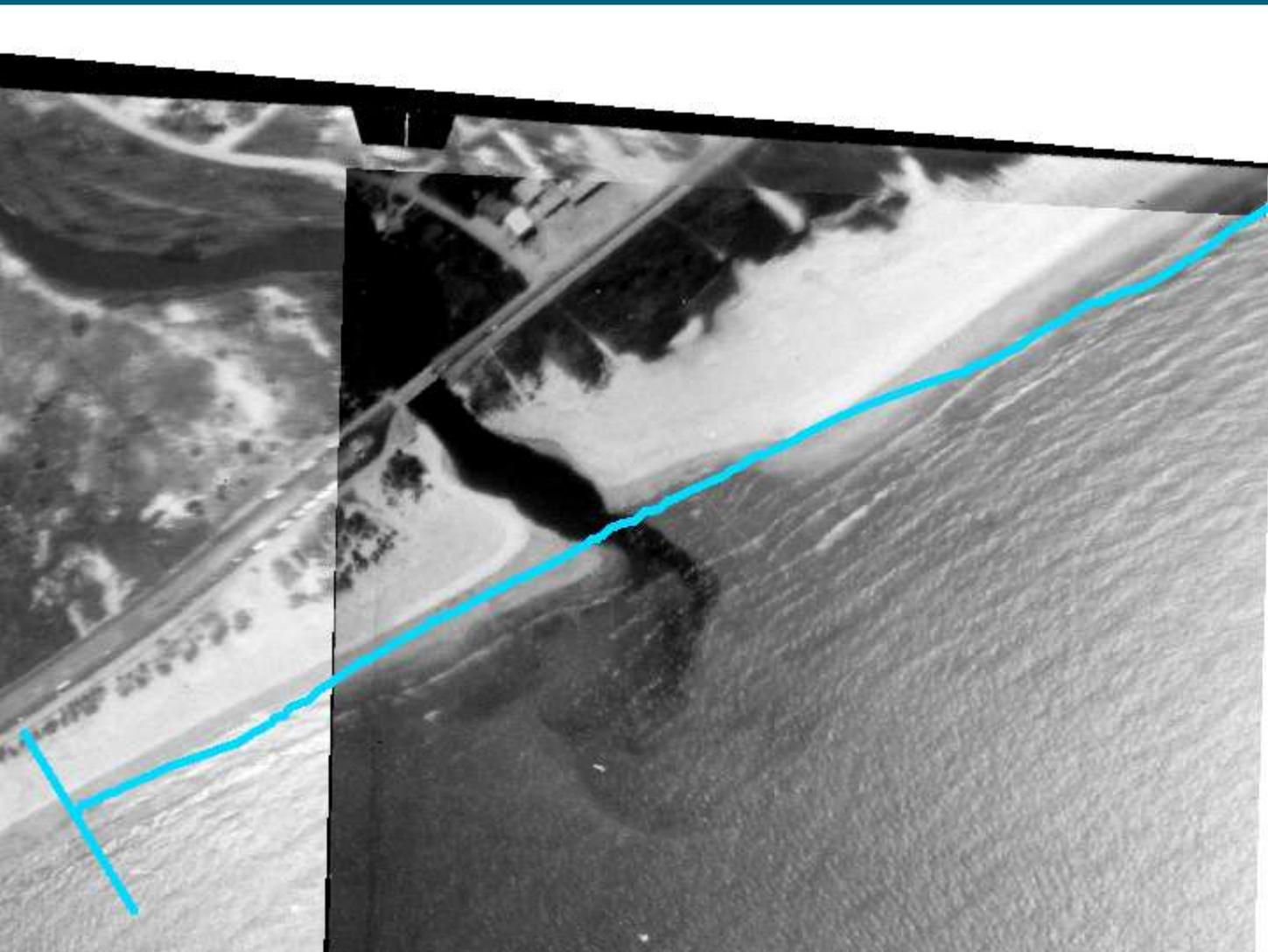


Bañados canalizados para su desecación en la década de 1940, obras que tuvieron un proceso de ampliación a comienzos de la década de 1970. Las obras de canalización y limpieza que abarcaron los cursos superior y medio (antiguas arenas)



Diferentes posiciones
siempre hacia el E,
1945 mayor
desplazamiento
paralelo a la costa
(1350 metros).

1939



Diciembre 1970



Octubre de 1973

1972, el MTOP, construyo una estructura para interceptar el curso, cortando la barra para abrir una salida directa.
2000, el arroyo vuelve a migrar hacia el E, quedando el resto del muro de contención dentro de la barra de la margen W.

Propuestas de manejo:

Polderización
o expropiación

Desvío de
pluviales

Detener el excesivo
tránsito de arena

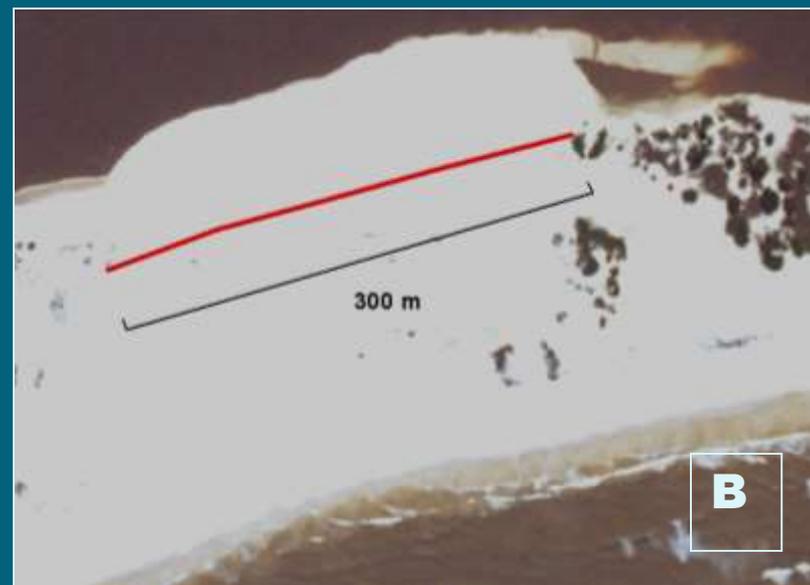
Zona de manejo
intensivo

Reconstrucción de
cordón dunar





04/03/2005





23/01/2005



17/03/2005

Foto: Andrés Florines

PCTO. RECUPERACION DUNAR

FAC. DE CIENCIAS-IMC (DGGA)

MARZO 2005

19/03/2005



19/03/2005



Foto: Andrés Florines

Foto: Andrés Florines



Foto: Andrés Florines

Boca del caño



26/04/2005

Foto: Andrés Florines



PERSPECTIVA ESTE/OESTE

26/04/2005

Foto: Andrés Florines

PERSPECTIVA OESTE / ESTE

26/04/2005











29/08/2005



29/08/2005



19/08/2005

RECUPERACION DUNE

FAC. DE CIENCIAS INC. UCA

MARZO 2005

16/10/2005



PUNTO RECUPERACION
FAC. de CIENCIAS-UNC
MARZO 2005

11/11/2005

Pero persevera y triunfarás



21/01/2006



12/04/2007

Conclusiones



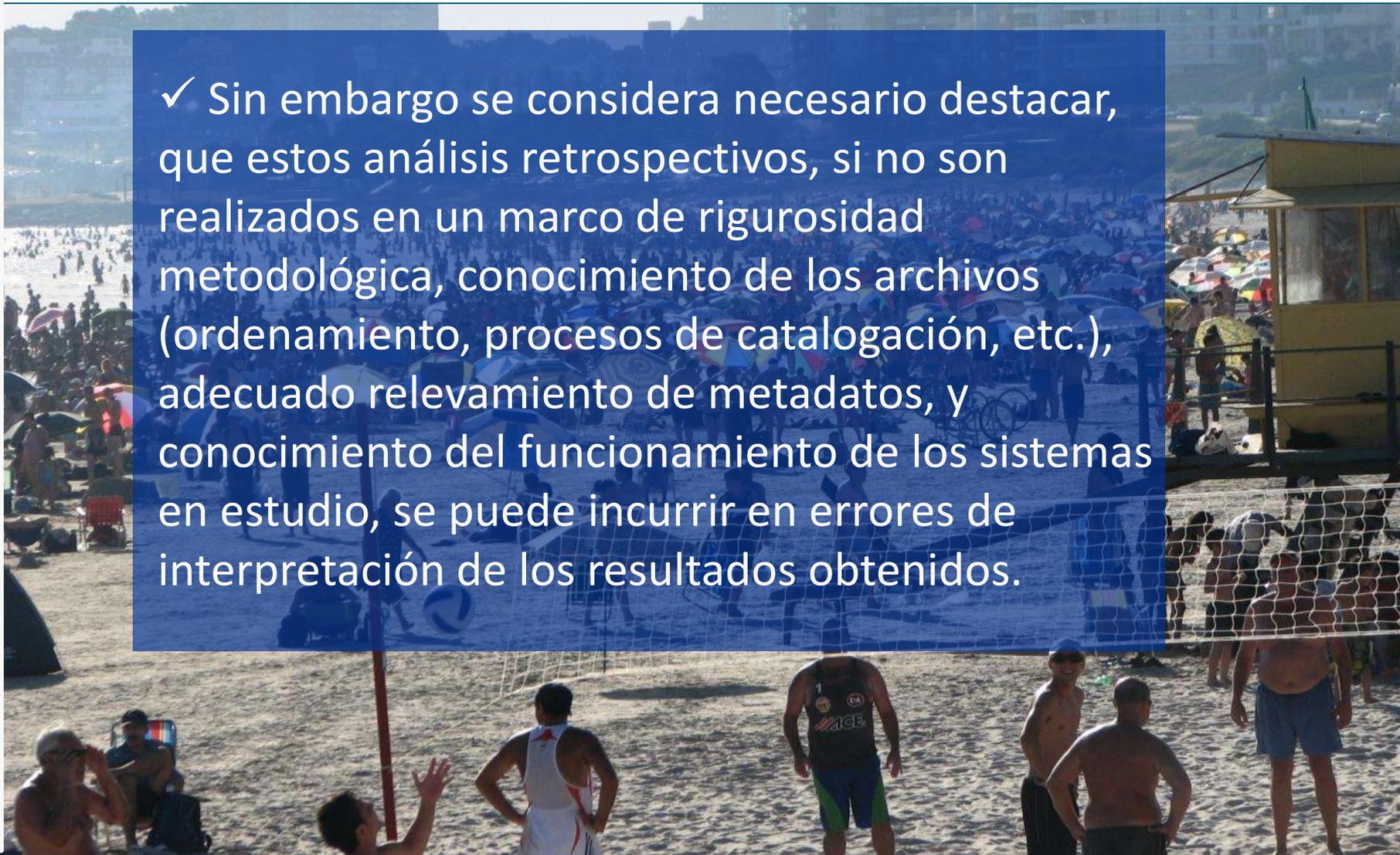
La forestación de dunas con especies exóticas y la urbanización en zonas de fuerte intercambio de arena entre estas y la playa, a través del curso inferior de vías fluviales (desembocaduras) tuvo consecuencias sobre el balance sedimentario costero.

El importante rol de las vías de drenaje que reciben aportes significativos de arenas provenientes de dunas, y su relación con los cambios en los sectores de arcos de playa asociados a ellas.

Otras conclusiones



✓ Sin embargo se considera necesario destacar, que estos análisis retrospectivos, si no son realizados en un marco de rigurosidad metodológica, conocimiento de los archivos (ordenamiento, procesos de catalogación, etc.), adecuado relevamiento de metadatos, y conocimiento del funcionamiento de los sistemas en estudio, se puede incurrir en errores de interpretación de los resultados obtenidos.



¿Qué queremos preservar?



Funciones
ecosistémicas



Servicios



Infraestructuras



Territorios



¿QUÉ HACEMOS?



Situación actual



VISIONES

No hacer nada



Permitir cambios

Respuestas:

Defender



Estructuras de
defensa duras o
blandas

Adaptar



Preservación del equilibrio
medioambiental y social

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 (MTOPT)

MIX de:

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

Mantenga la línea (*Hold the line*) en

versión **Red Line**

Uruguay: “¿¿??”

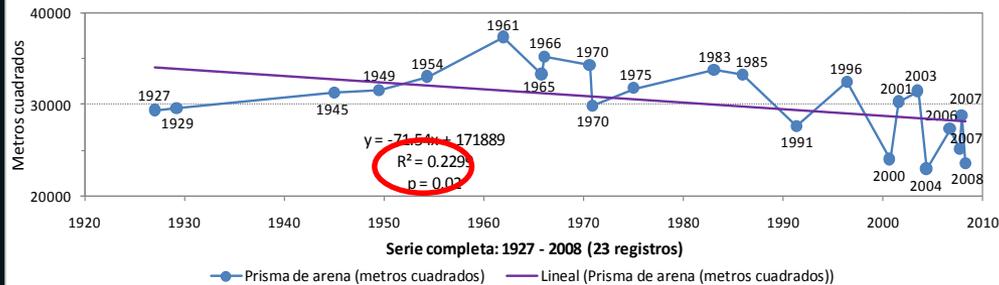


**GRACIAS POR
VUESTRA
ATENCIÓN!!**

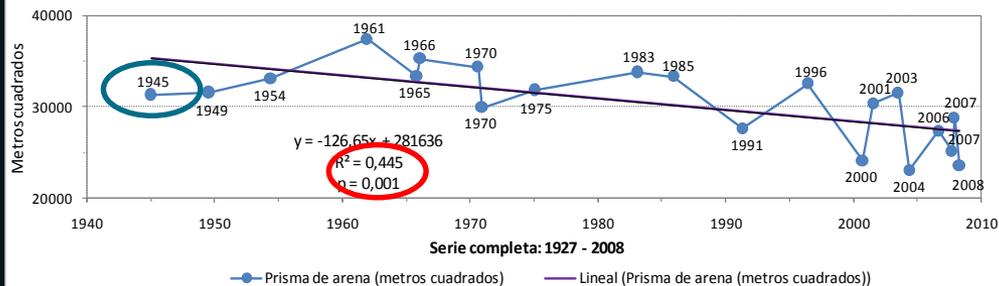
Otras Desembocaduras:

Algunos ejemplos de cursos que “desaparecieron” por obras de canalización en playas de Montevideo.

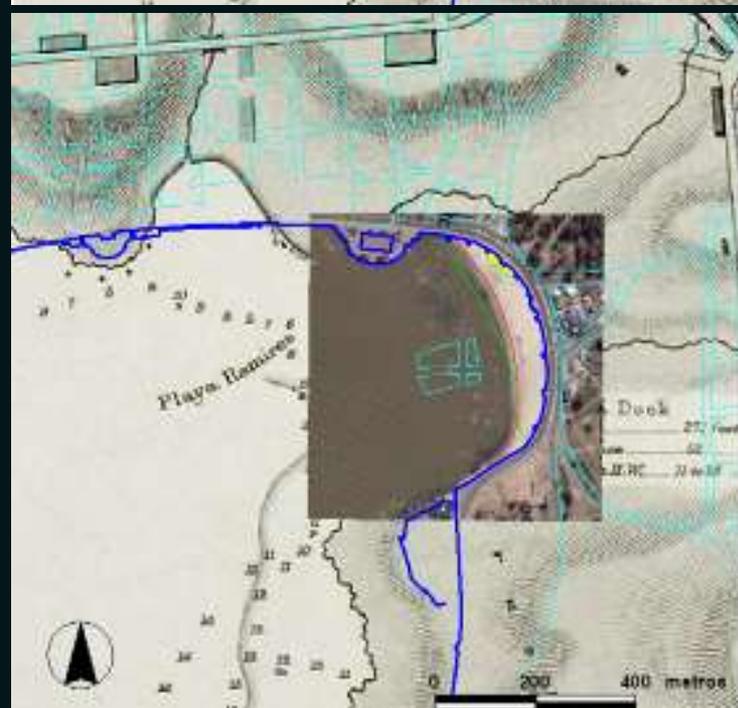
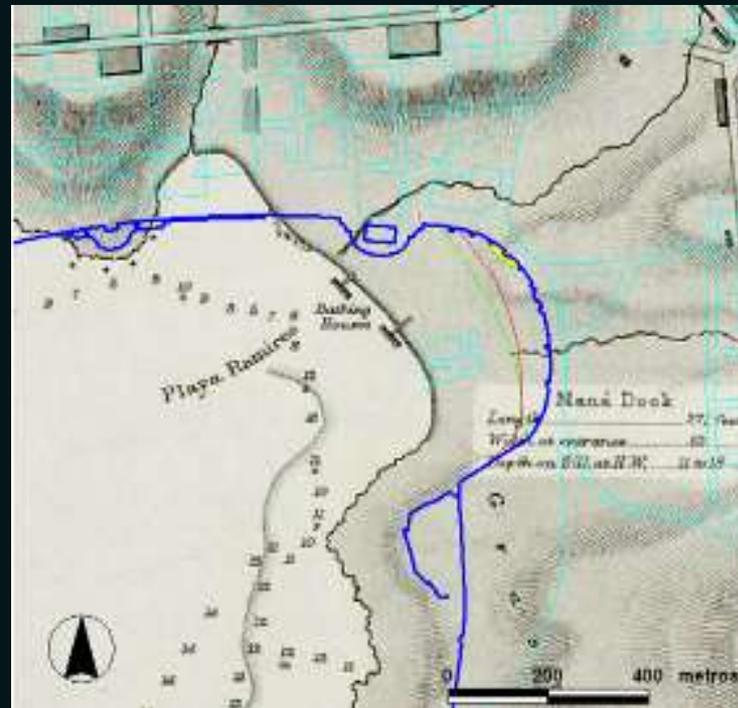
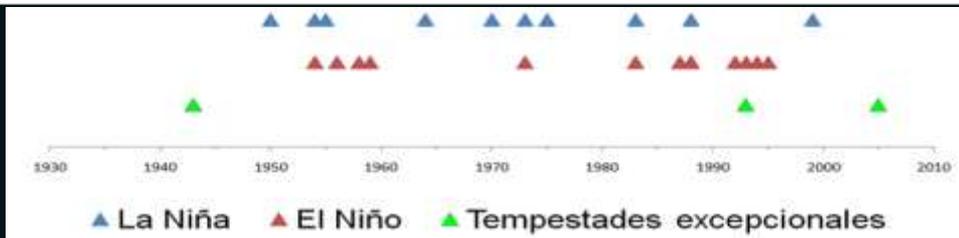
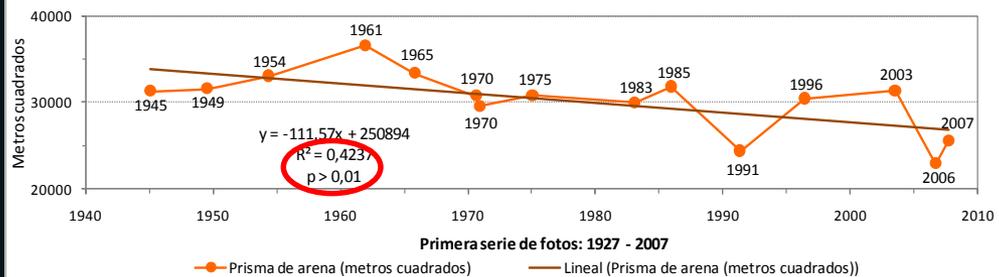
Playa Ramírez - LSH-ZAIO



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:

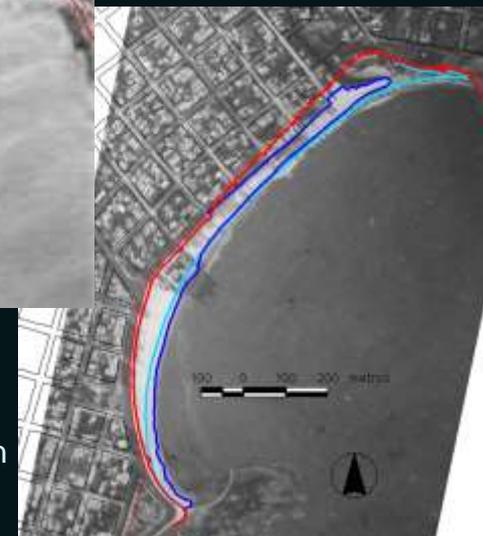
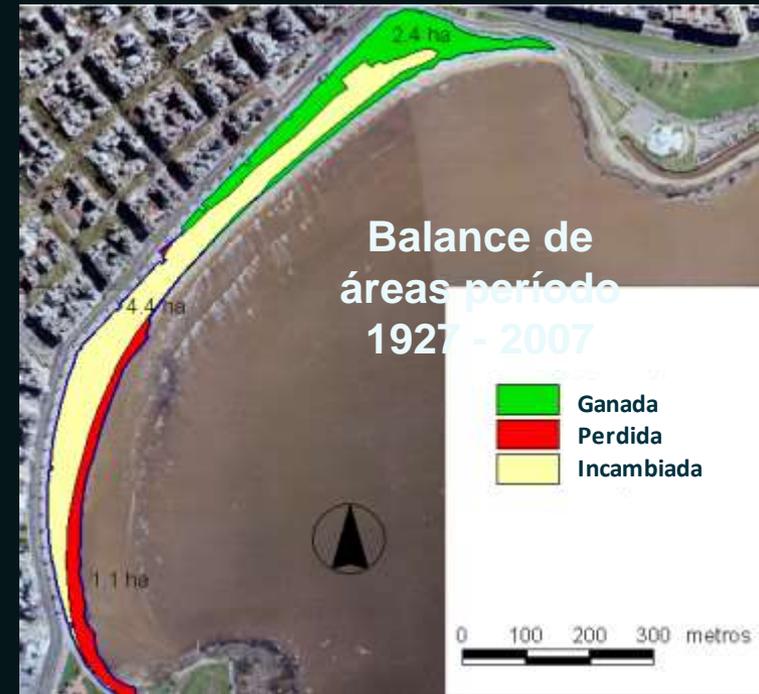
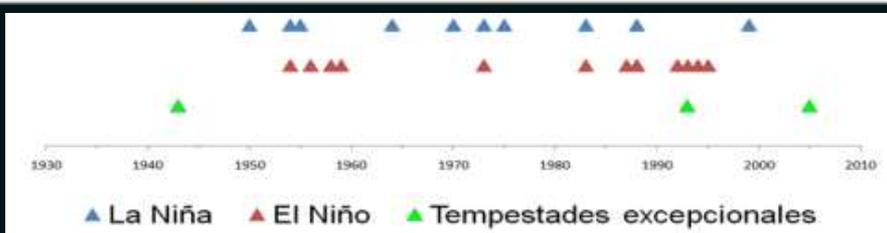
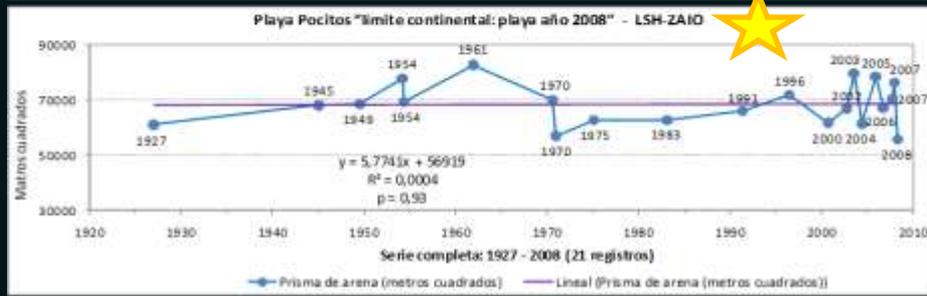


Foto superior: Obras son las que realizan el balace que cambia las tendencias. Año 1954 se ubica la rambla en actual posición. Foto con la rambla que divide en dos del 1940.