

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

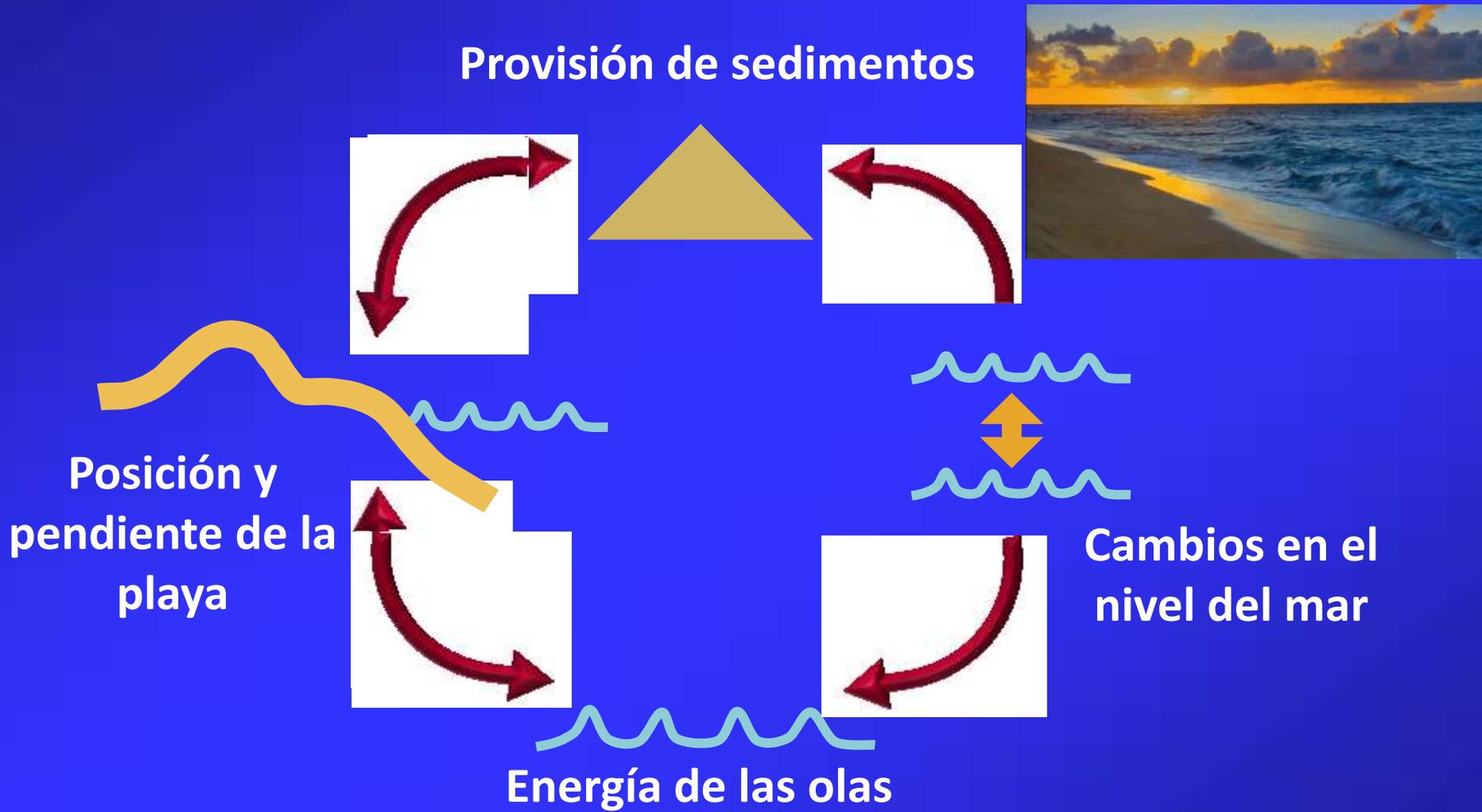
# **Procesos, forzantes naturales y antrópicas en la evolución de las playas uruguayas**

Dr. Daniel Panario

02/06/2021

**Curso Introducción a la Sedimentología Marina**

# Dinámica natural de playas



**Cada factor es dependiente de otro. Todo cambio en un factor resulta en el ajuste de los otros.**

# FORZANTES

- Naturales
- Naturales modificadas por influencia humana
- Antrópicas globales
- Antrópicas locales

# FORZANTES

- **Naturales**

- **Naturales modificadas por influencia humana**

- **Antrópicas globales**

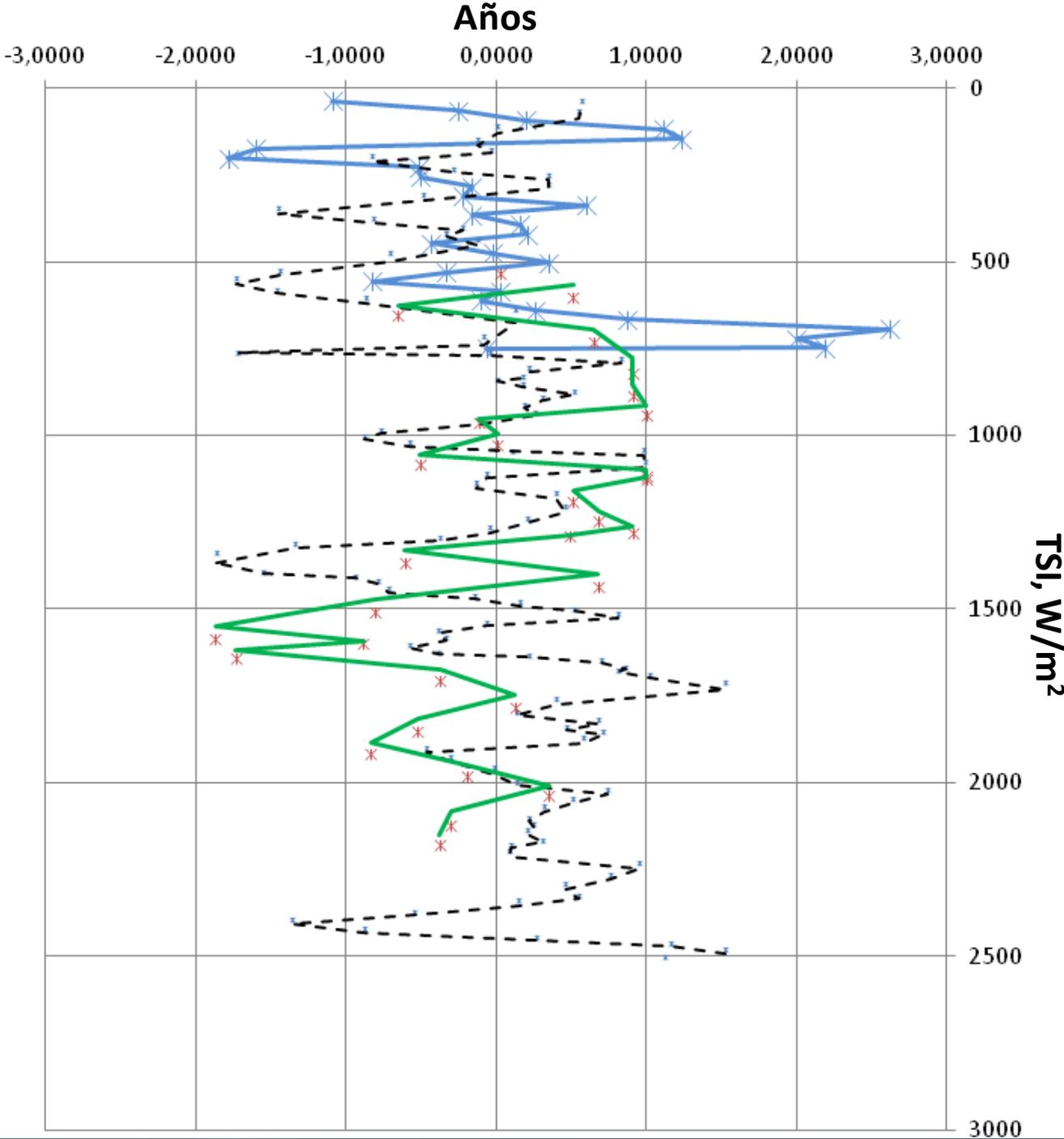
- **Antrópicas locales**

**REFERENCIAS:**

- - - Irradiación solar  
tomado de Shapiro  
*et al.*, 2011.

**ÍNDICES DE TEMPERATURA  
INFERIDOS A PARTIR DE  
REGISTRO SILICOFITOLITOS**

- Registro de Laguna.
- Registro de Laguna  
de Peña.



Shapiro AI, Schmutz W, Rozanov E, Schoell M, Haberleiter M, Shapiro AV, Nyeki, S. 2011. A new approach to long-term reconstruction of the solar irradiance leads to large historical solar forcing. *Astronomy & Astrophysics*, 529, A67, May DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/201016173>

**03/03/1943**

**Imagen Trimetrogón  
vertical, esc. 40.000**

**Ruta 10 vieja**

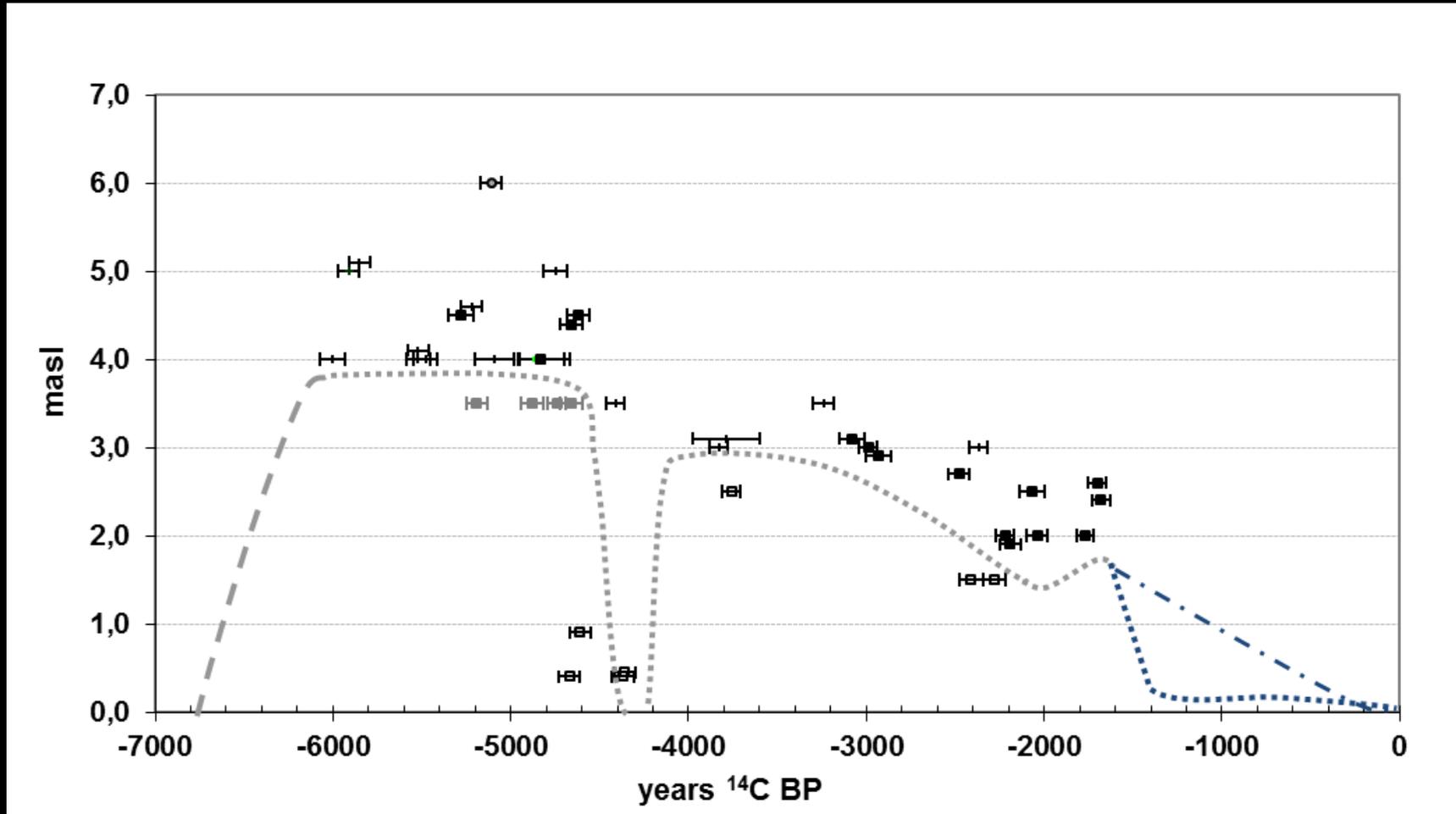
An aerial photograph showing a landscape with a river and a road. The river is a prominent feature, winding through the terrain. A road, labeled 'Ruta 10 vieja', is visible, running diagonally across the image. The terrain appears to be a mix of agricultural fields and natural vegetation. The image is a vertical trimetrogon photograph, showing a wide field of view. The scale is 40,000. The date is 03/03/1943.



**Nótese los enormes volúmenes  
de sedimentos aportados al mar**

**02/01/2003**

Posición del litoral  cambia con el tiempo.



Sea-level curve inferred from Castillos Lagoon records, Uruguay



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.<sup>1</sup> ARMADA.  
 Presentada á S.M. por mano  
 DEL E.<sup>1</sup>MO S.<sup>1</sup> D. JUAN DE LANGARA  
 Secretario de Estado y del Despacho  
 Universal de Marina.  
 Año de 1798.

¿Cuál es el espacio de libertad  
que debemos dejar?



Balneario Solís, retroceso de barranca por erosión

# FORZANTES

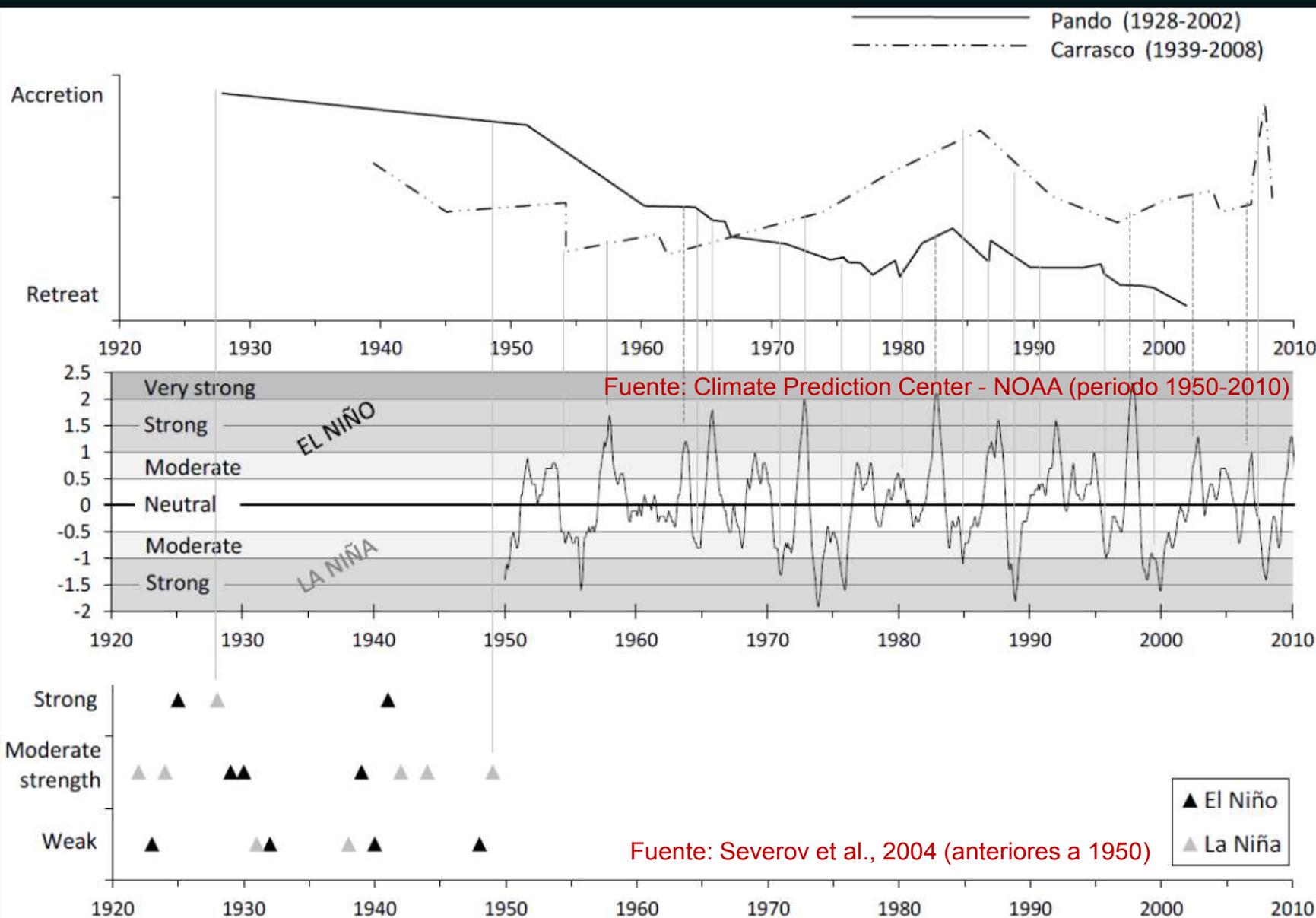
- Naturales

- Naturales modificadas por influencia humana

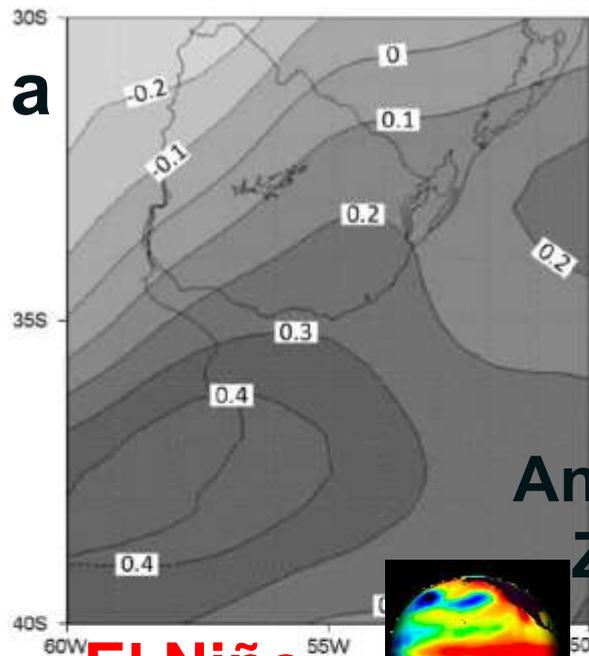
- Antrópicas globales

- Antrópicas locales

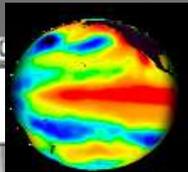
# Teleconexiones climáticas y los indicadores de respuesta de los sistemas costeros



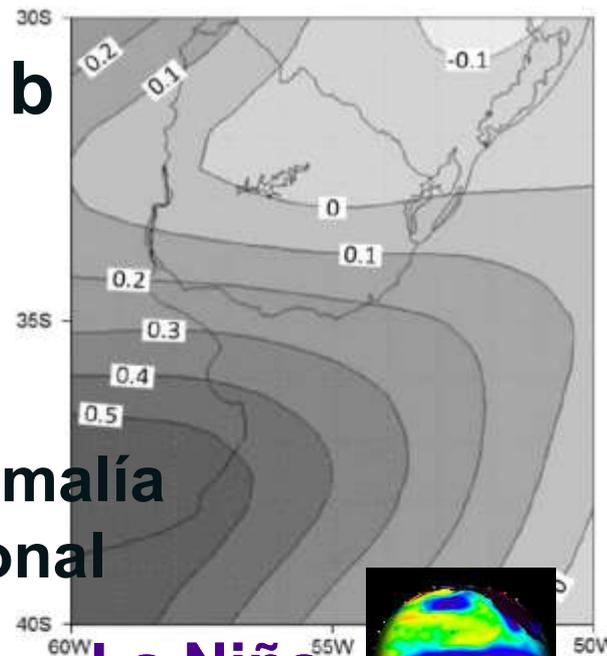
# NCEP-NCAR reanalysis



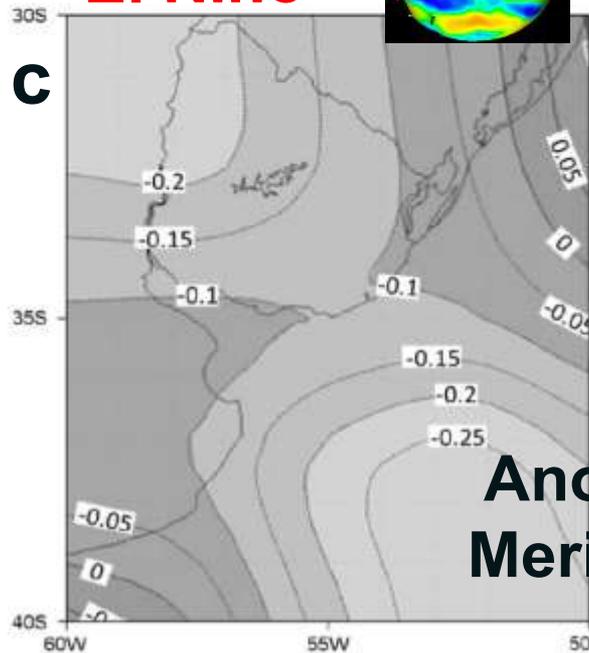
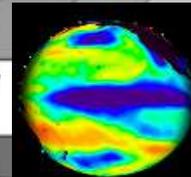
**El Niño**



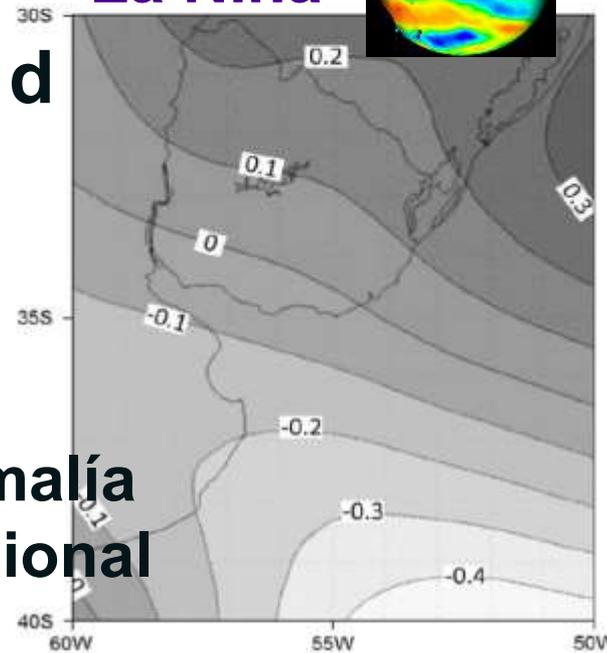
**Anomalia Zonal**



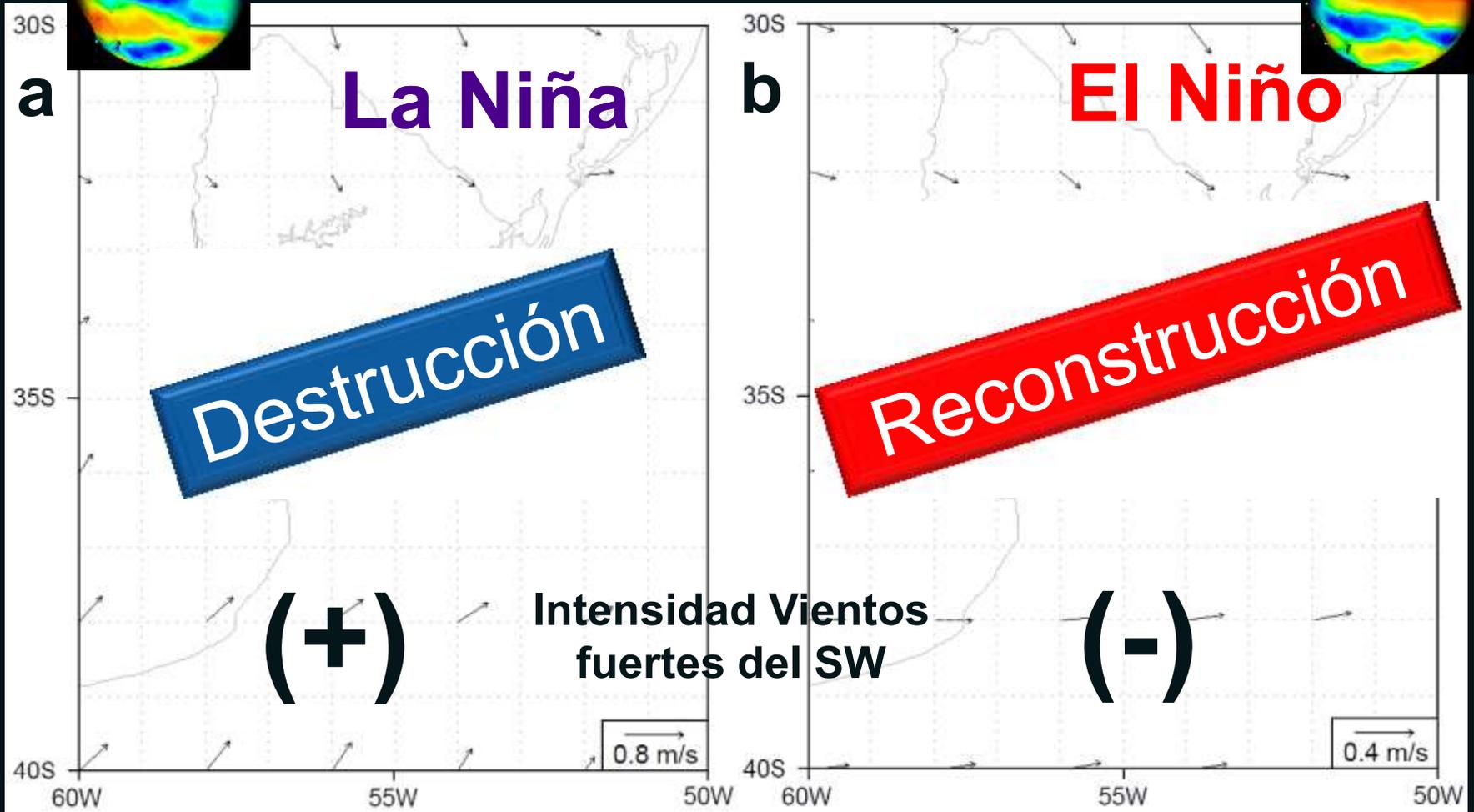
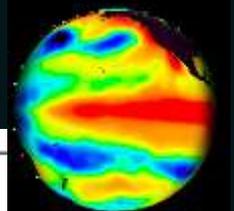
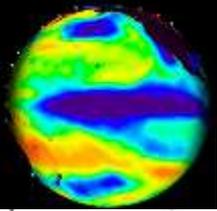
**La Niña**



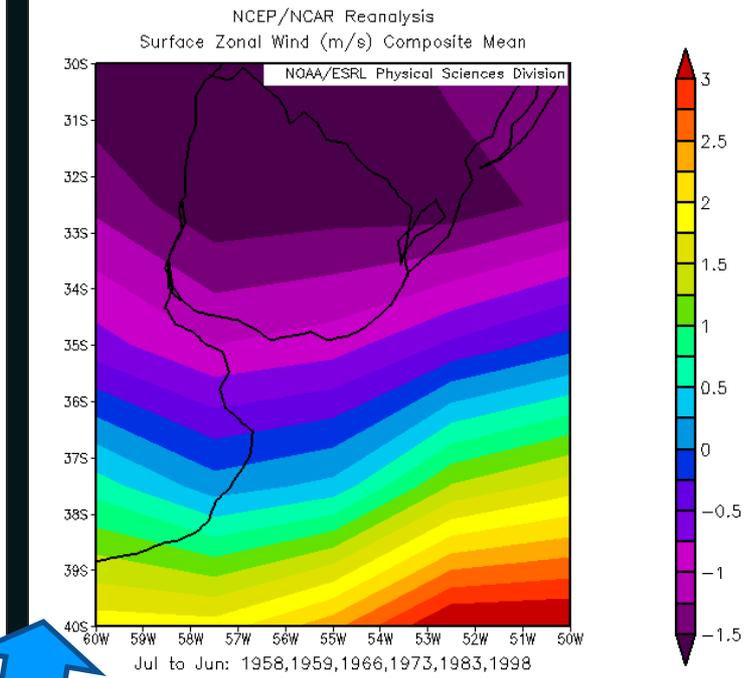
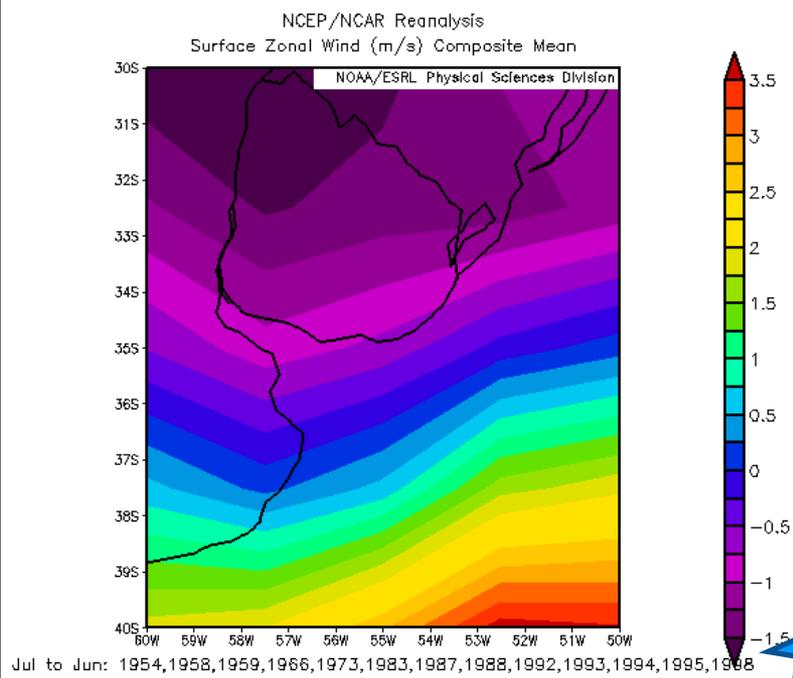
**Anomalia Meridional**



Composición de anomalías de vientos zonales y meridionales, eventos ENSO moderados y fuertes (1950-2010).



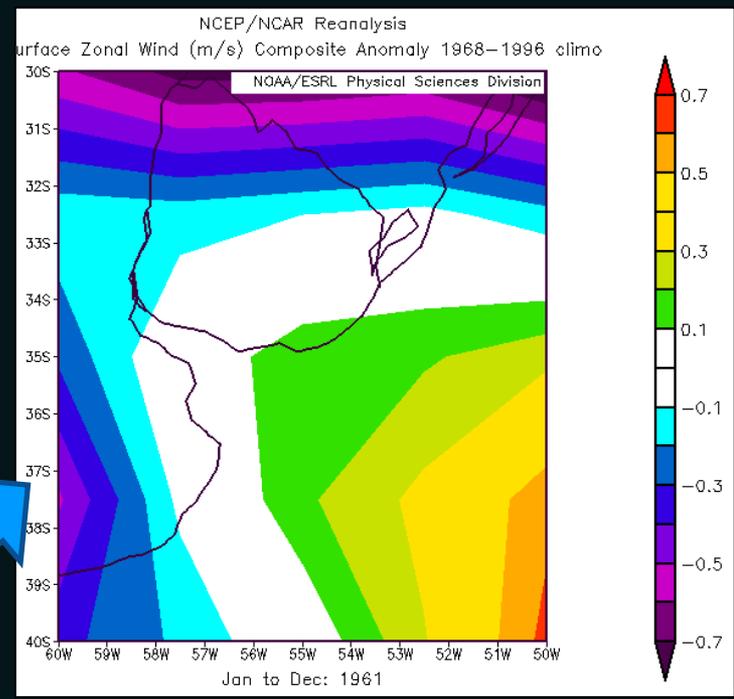
Composición de Vectores de Anomalías de Viento (m/s)  
de eventos ENSO  
durante Octubre-Marzo, entre 1950-2010

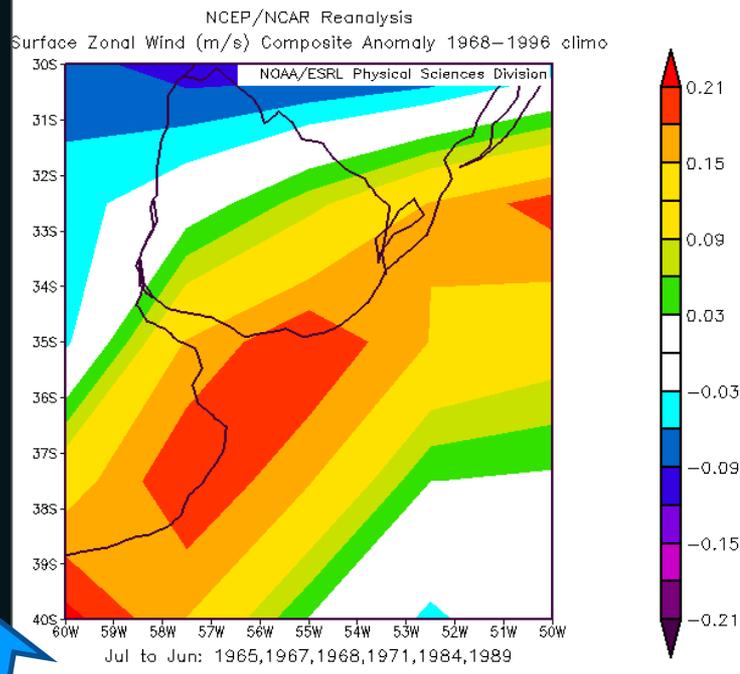
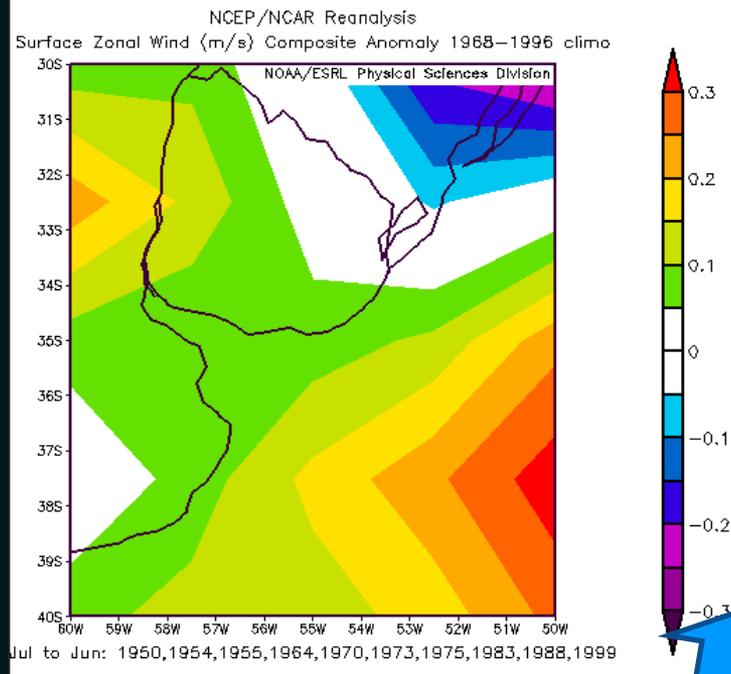


Reanálisis de anomalías de vientos para el período 1954-1998. Izquierda: para todos los años con señal de El Niño. Derecha: para aquellos años con El Niño con señal fuerte. Los valores son similares para ambos análisis.

Bases de datos del NCEP/NCAR

Reanálisis de anomalías de vientos para el año 1961.

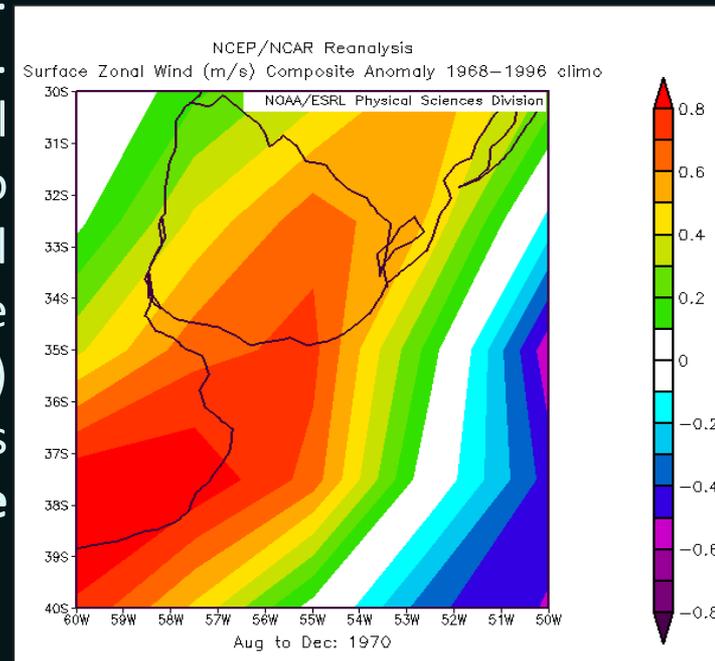




Reanálisis  
de  
anomalías  
de viento  
para agosto  
de 1970.

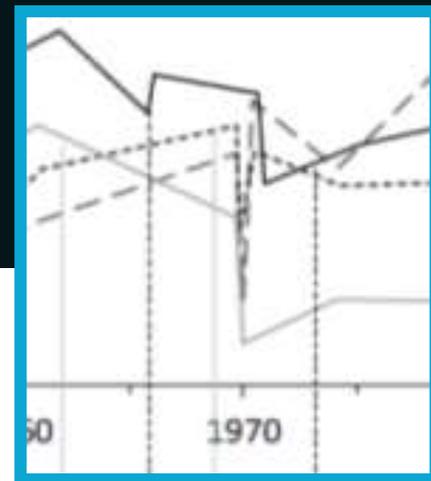
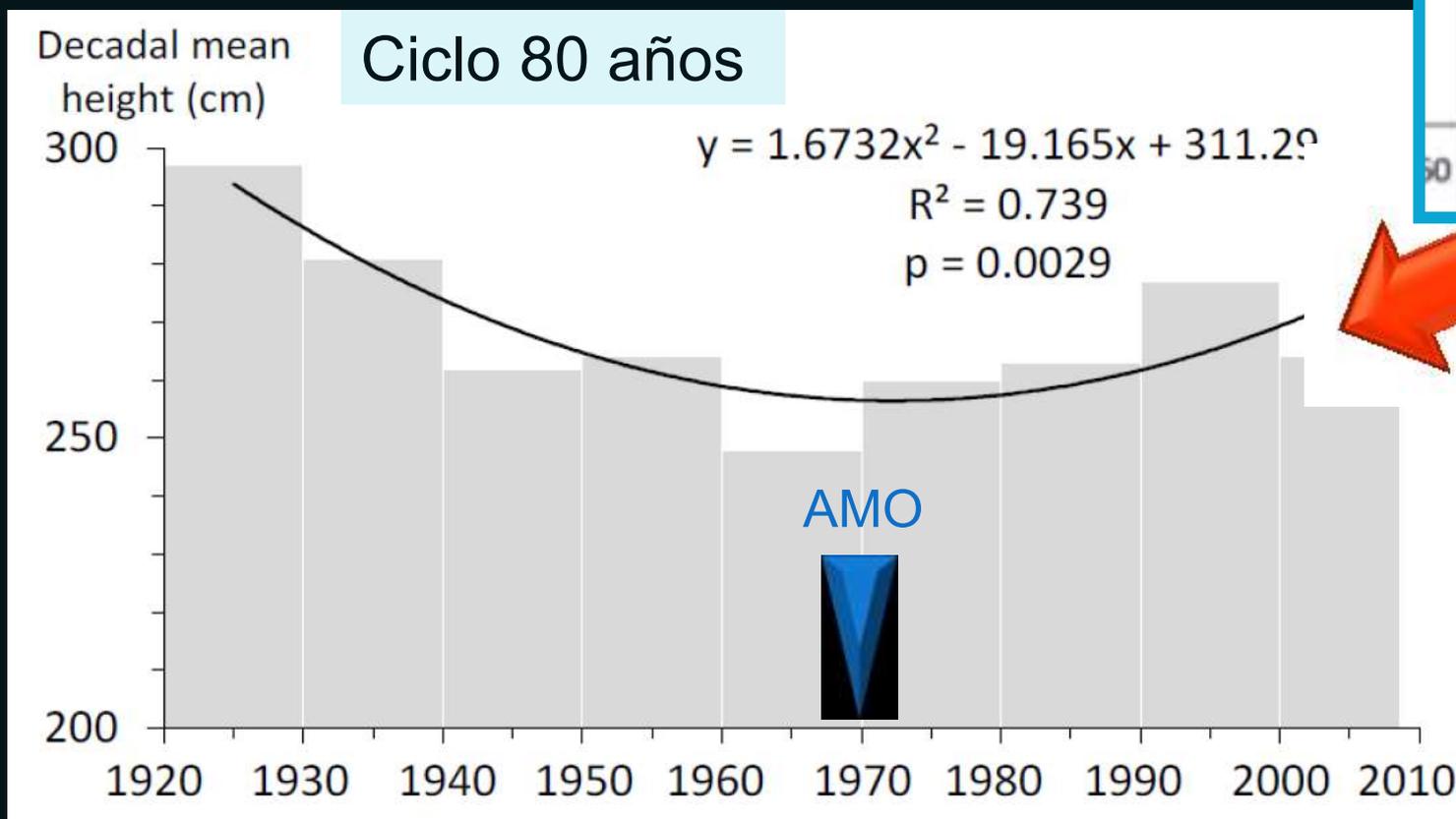
## Reanálisis de anomalías de vientos (1968-1996).

Izquierda: para todos los años con señal de **La Niña**.  
Derecha: para aquellos años con La Niña con señal fuerte. La **alta correlación** obtenida indica un alto nivel de significación entre las bases de datos del **NCEP/NCAR** y los datos de las series históricas de ocurrencia de La Niña (sinópticos-observacionales). Este hecho se asocia a que durante estos eventos suelen ocurrir **anomalías positivas de frecuencias e intensidades de vientos del cuadrante SW**.



Bases de datos del **NCEP/NCAR**

# Otra teleconexión

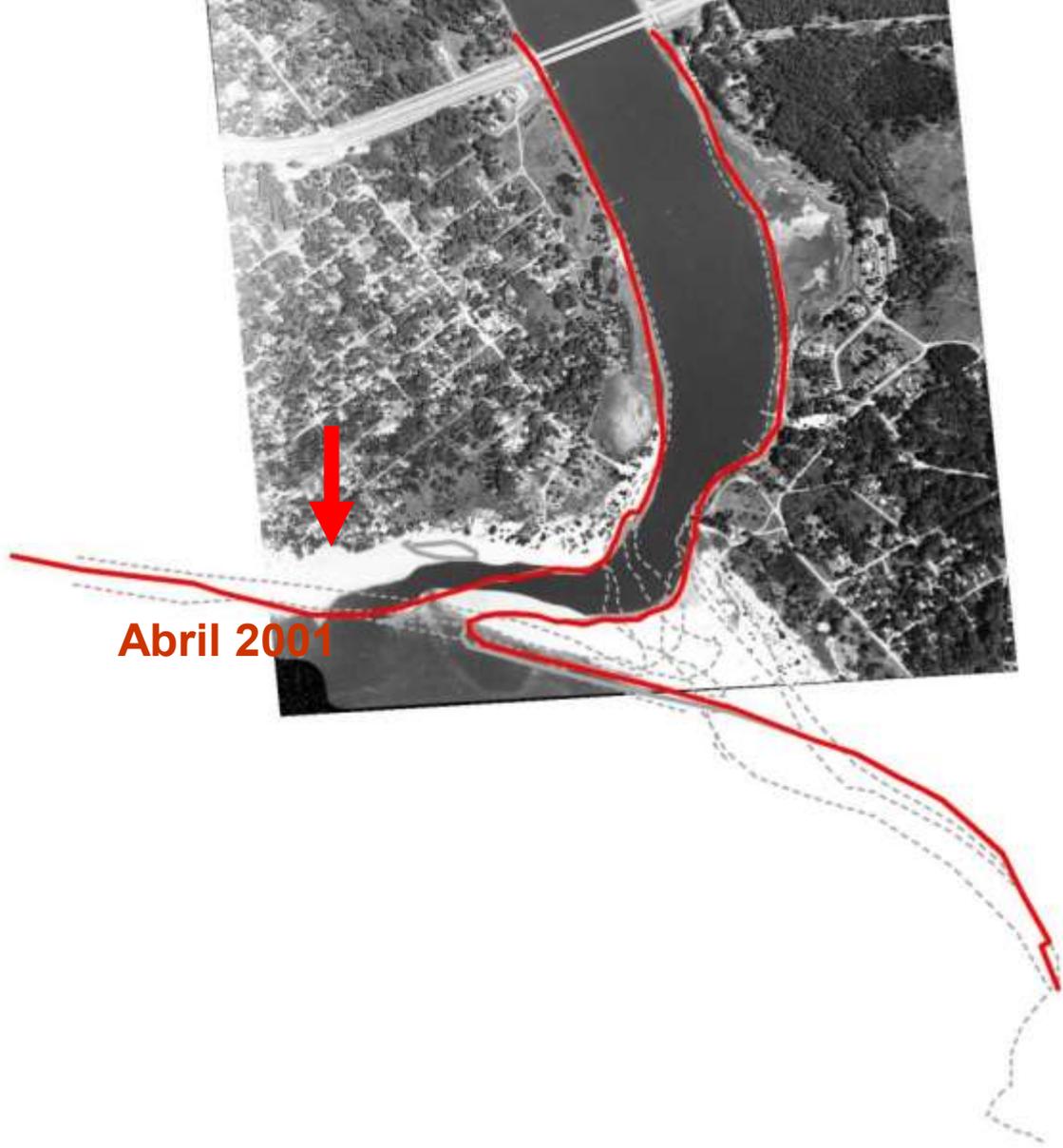


Evolución de medias decadales de máximos anuales de tempestades en el Río de la Plata, y la coincidencia con el mínimo de la teleconexión denominada AMO (Oscilación Atlántica Multidecadal)

# Desembocadura del Arroyo Solís Chico

Aerofotografía SGM, 1938





Abril 2001

Aerofotografía SGM, **2004**

La casa ha quedado frente al  
arroyo, tras una barrera de  
árboles



17/02/2005



29/08/2005

Jaureguiberry

# Casa frente al río!!

Desembocadura



29/08/2005

**No resistió la tormenta...**



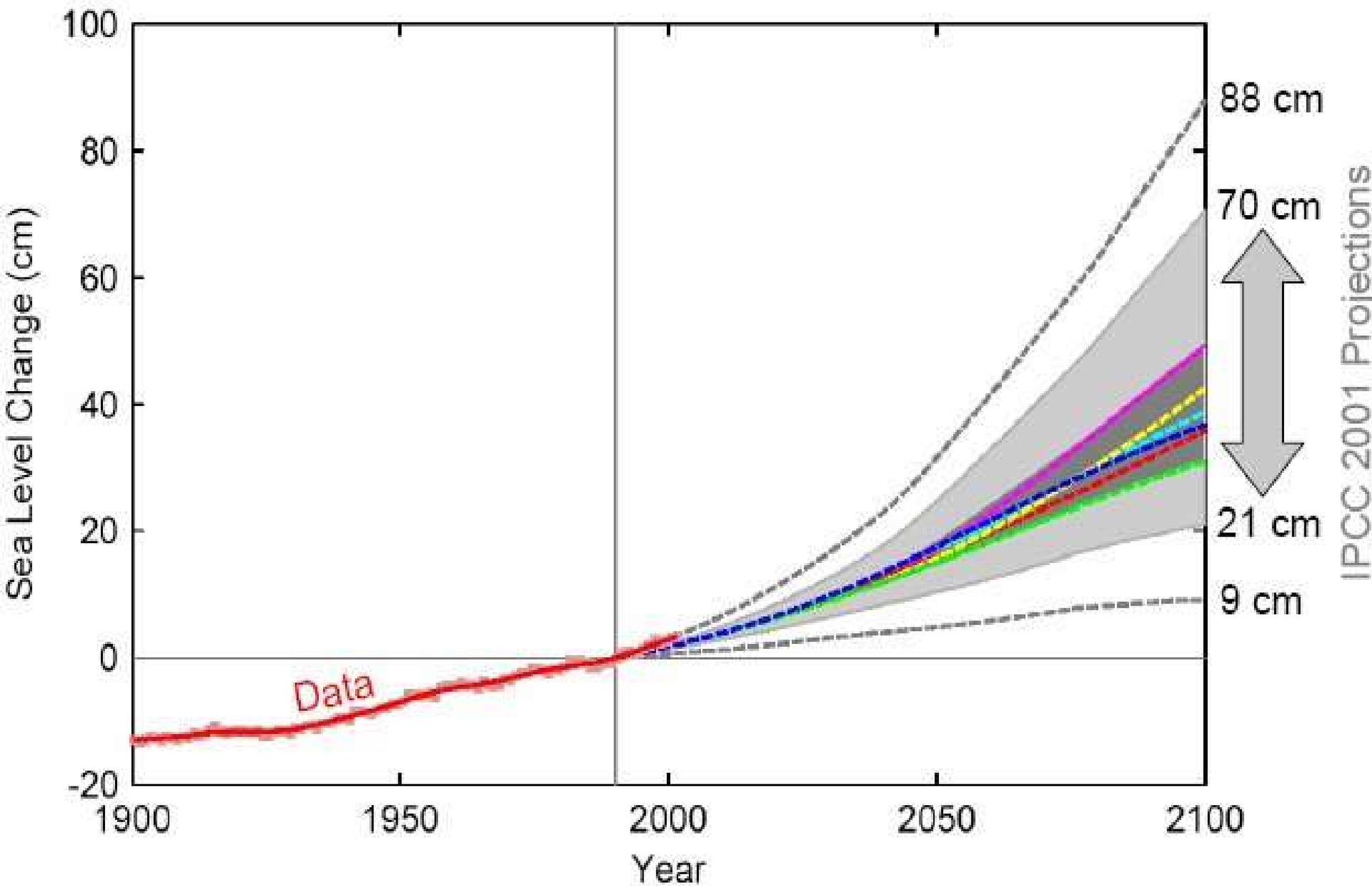
16/09/2006

10-12-2018

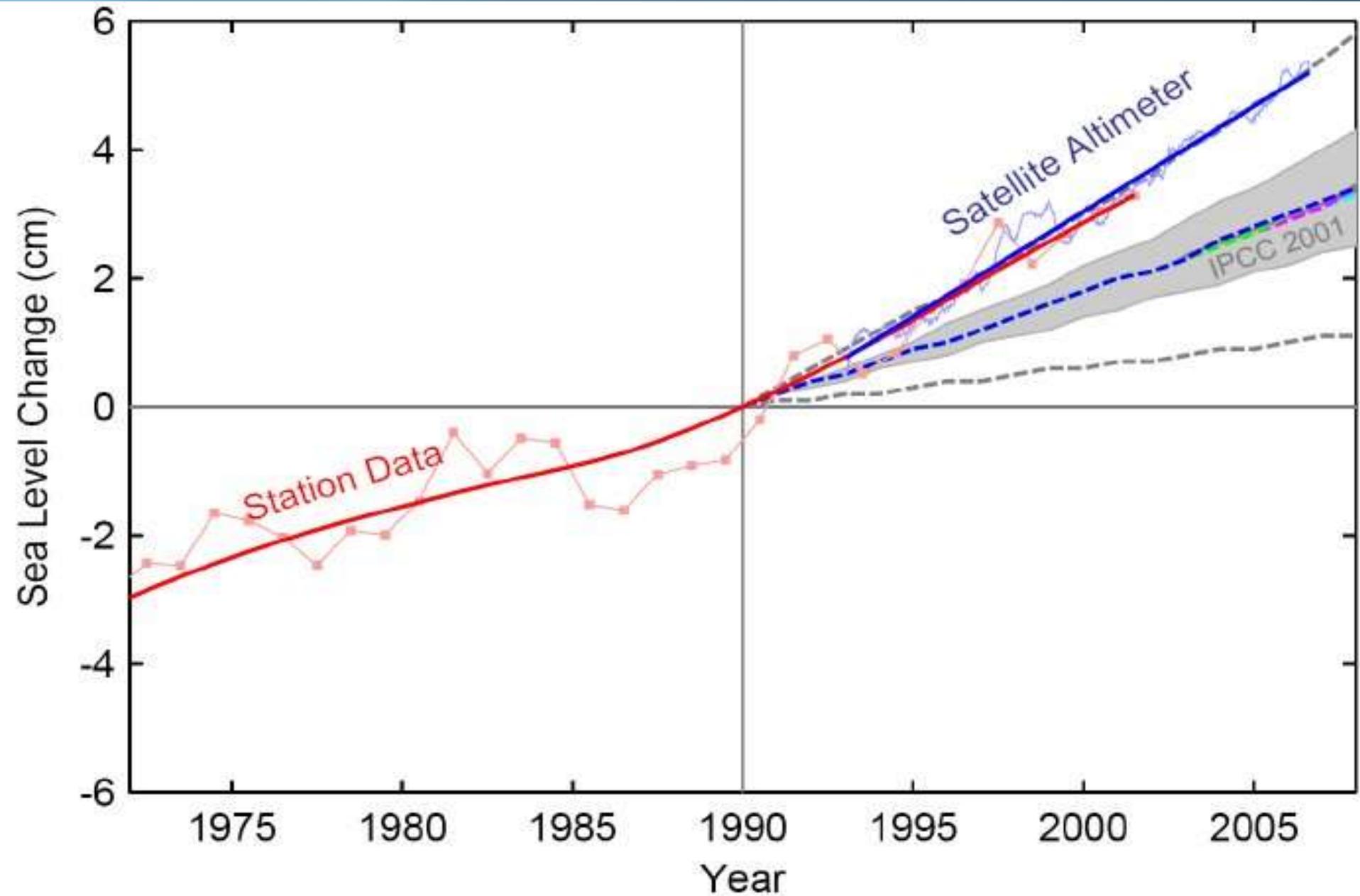


# FORZANTES

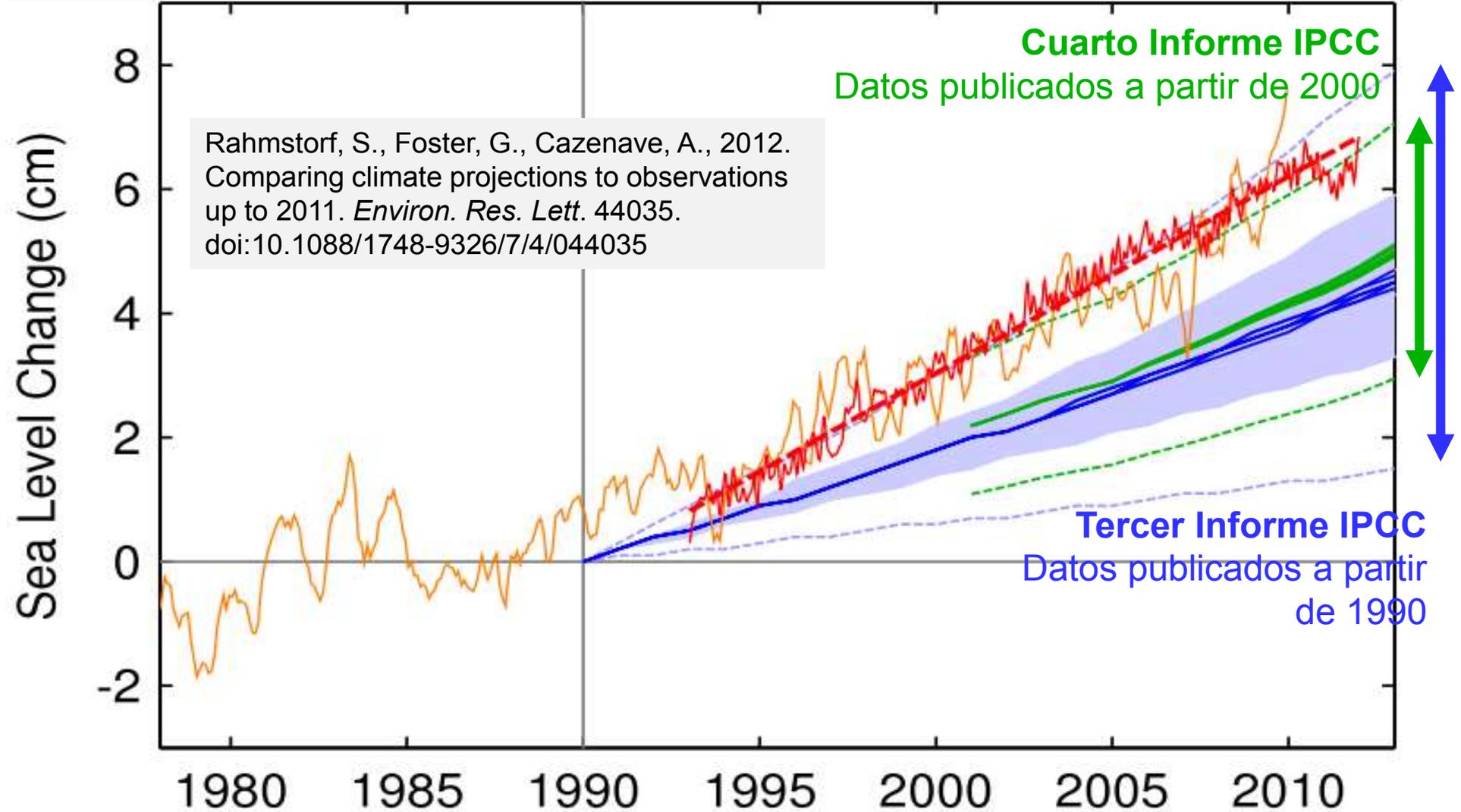
- Naturales
- Naturales modificadas por influencia humana
- Antrópicas globales
- Antrópicas locales



Cambio del Nivel del Mar (cm)



Cambio del Nivel del Mar (cm)

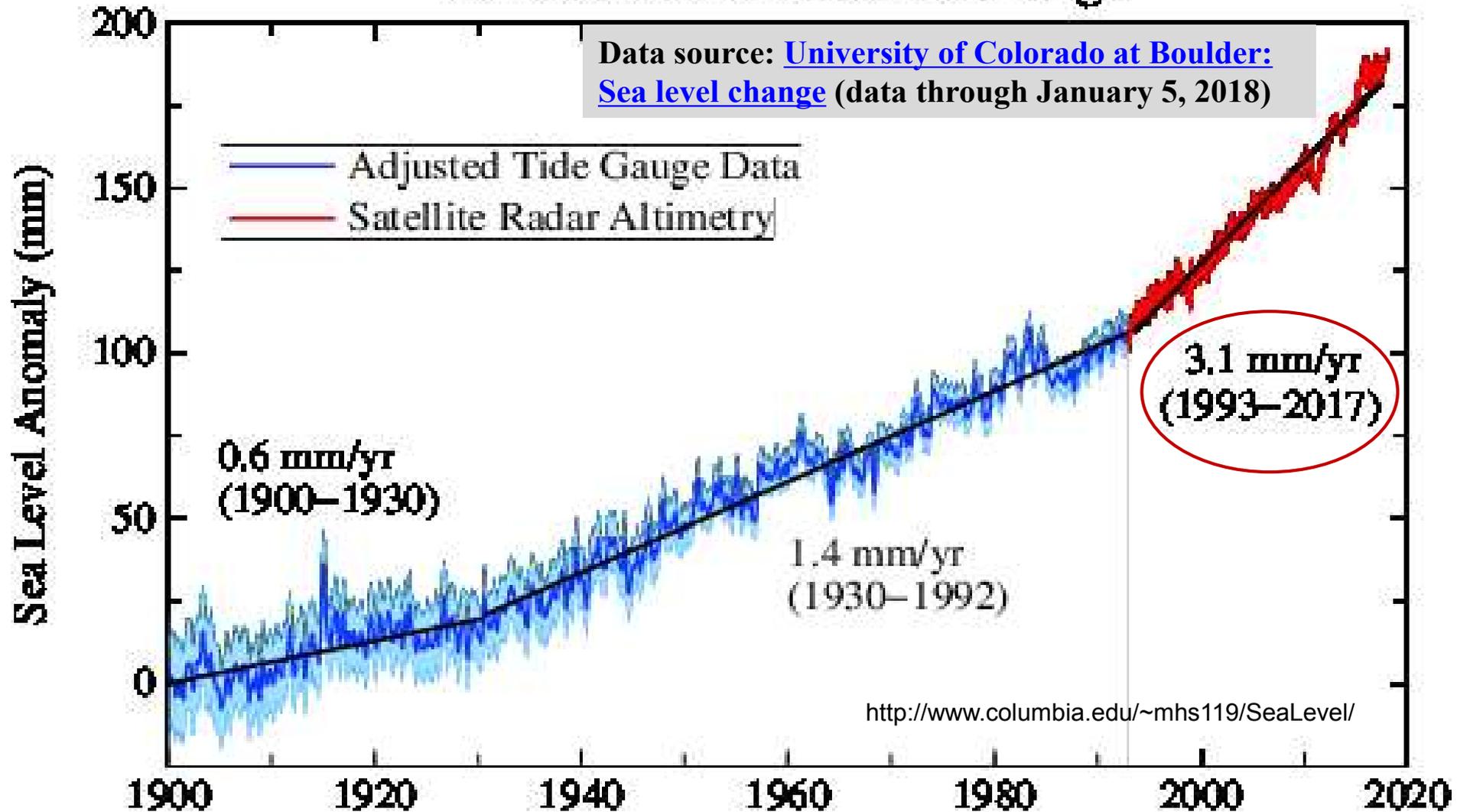


**Nivel del mar** medido por altímetro satelital (**rojo**) y reconstruido a partir de mareógrafos (**naranja**). Datos de mareógrafo se alinearon para dar la misma media durante 1993-2010 como los datos del altímetro.

Escenarios IPCC: **azul** - Tercer Informe de Evaluación (2001)

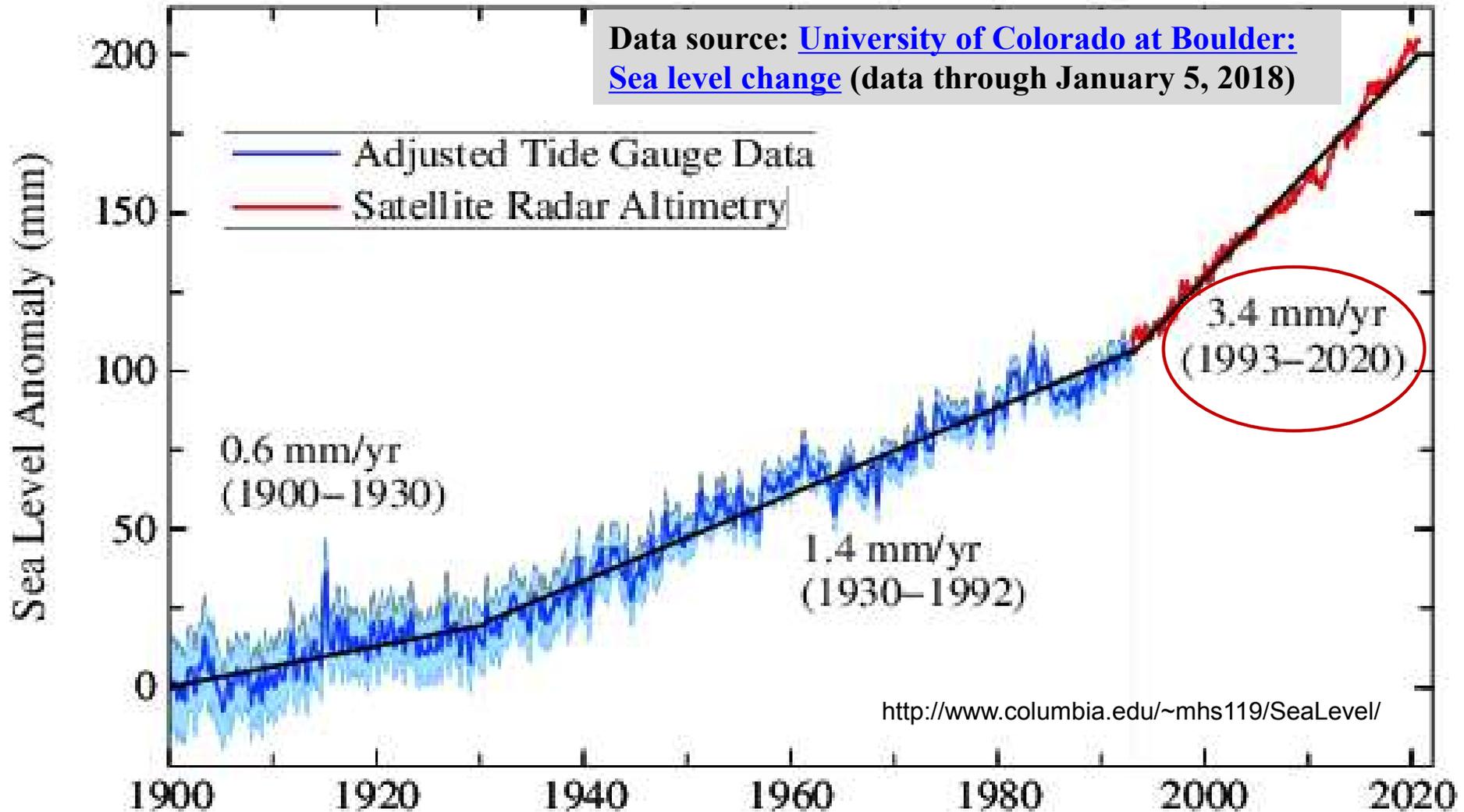
**verde** - Cuarto Informe de Evaluación (2007)

# Global Mean Sea Level Change



**Sea level change for 1900-1992, based on tide gauge measurements** from J.A. Church and N.J. White "Sea-level rise from the late 19th to the early 21st Century" *Surveys in Geophysics* (2011), but multiplied by 0.78 to have 1901-1990 trend as 1.2 mm/yr as stated in C.C. Hay, et al. "Probabilistic reanalysis of twentieth-century sea-level rise", *Nature* (2015). 1993-2017 data are cnes AVISO. (Last modified: 2018/02/13).

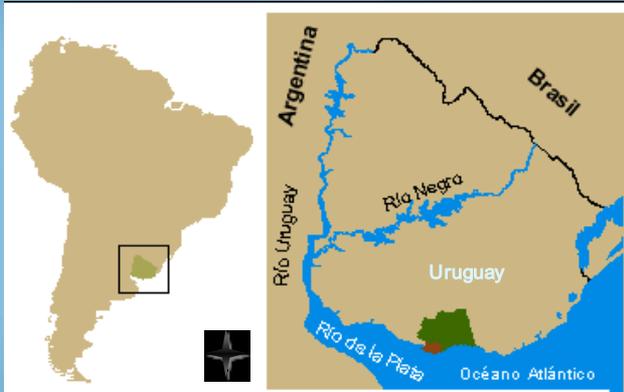
# Global Mean Sea Level Change



**Sea level change for 1900-1992, based on tide gauge measurements** from J.A. Church and N.J. White "Sea-level rise from the late 19th to the early 21st Century" *Surveys in Geophysics* (2011), but multiplied by 0.78 to have 1901-1990 trend as 1.2 mm/yr as stated in C.C. Hay, et al. "Probabilistic reanalysis of twentieth-century sea-level rise", *Nature* (2015). 1993-2017 data are cnes AVISO. (Last modified: [2020/12/17](#)).

# FORZANTES

- Naturales
- Naturales modificadas por influencia humana
- Antrópicas globales
- Antrópicas locales



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



- 1) Ramírez
- 2) Pocitos
- 3) Buceo
- 4) Malvín

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.

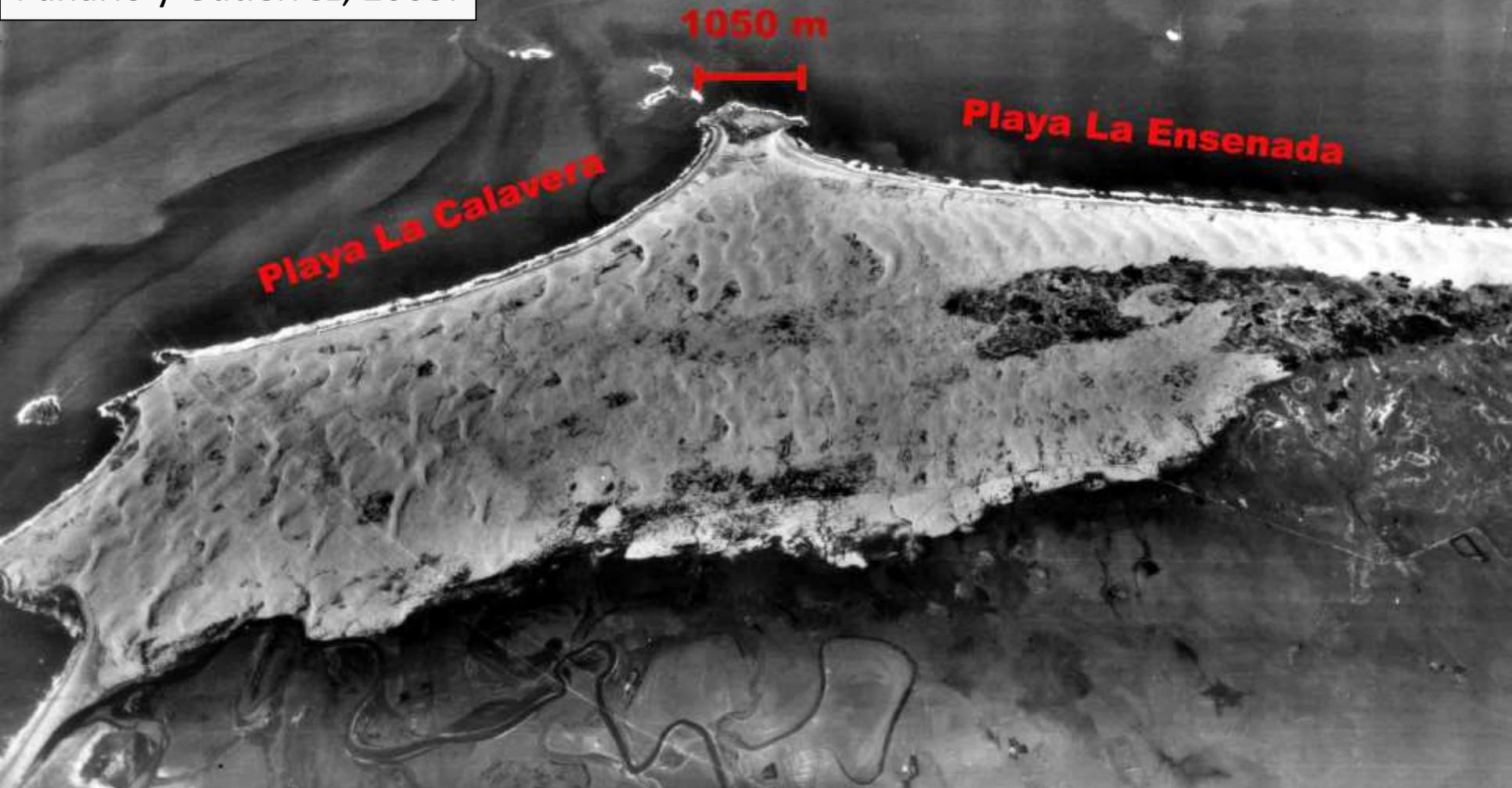
Fuente: Mapoteca, SGM.



## ➤ **Antrópicas locales**

- ✓ **Sistemas de dunas móviles y su importancia en la dinámica sedimentaria costera**

Panario y Gutiérrez, 2005.



Aerofotografía oblicua del vuelo Trimetrogón, año 1943, en ella puede observarse el amplio tren de dunas que cubre el área por detrás del Cabo Polonio.

(Aerofotografía SGM)

93-011

Panario y Gutiérrez, 2005.

N



Cabo Polonio

13/5/1966

Escala orig. 1:20.000

Aerofotografía SGM

La línea amarilla resalta el contorno de las dunas barjanoides que avanzan en dirección NE.

**Oceáno Atlántico**

# Gran barján en Cabo Polonio

1993



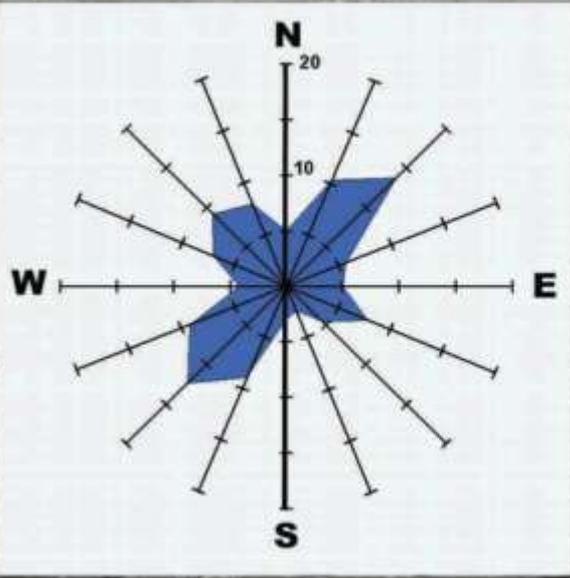
- 
- Límite de las arenas.  
— Corte de circulación por barrera forestal.

Foto: SSRFA

1986

Laguna de  
Castillos

Arroyo Valizas



Barrera Forestal

Playa La Calavera

Cabo  
Polonio

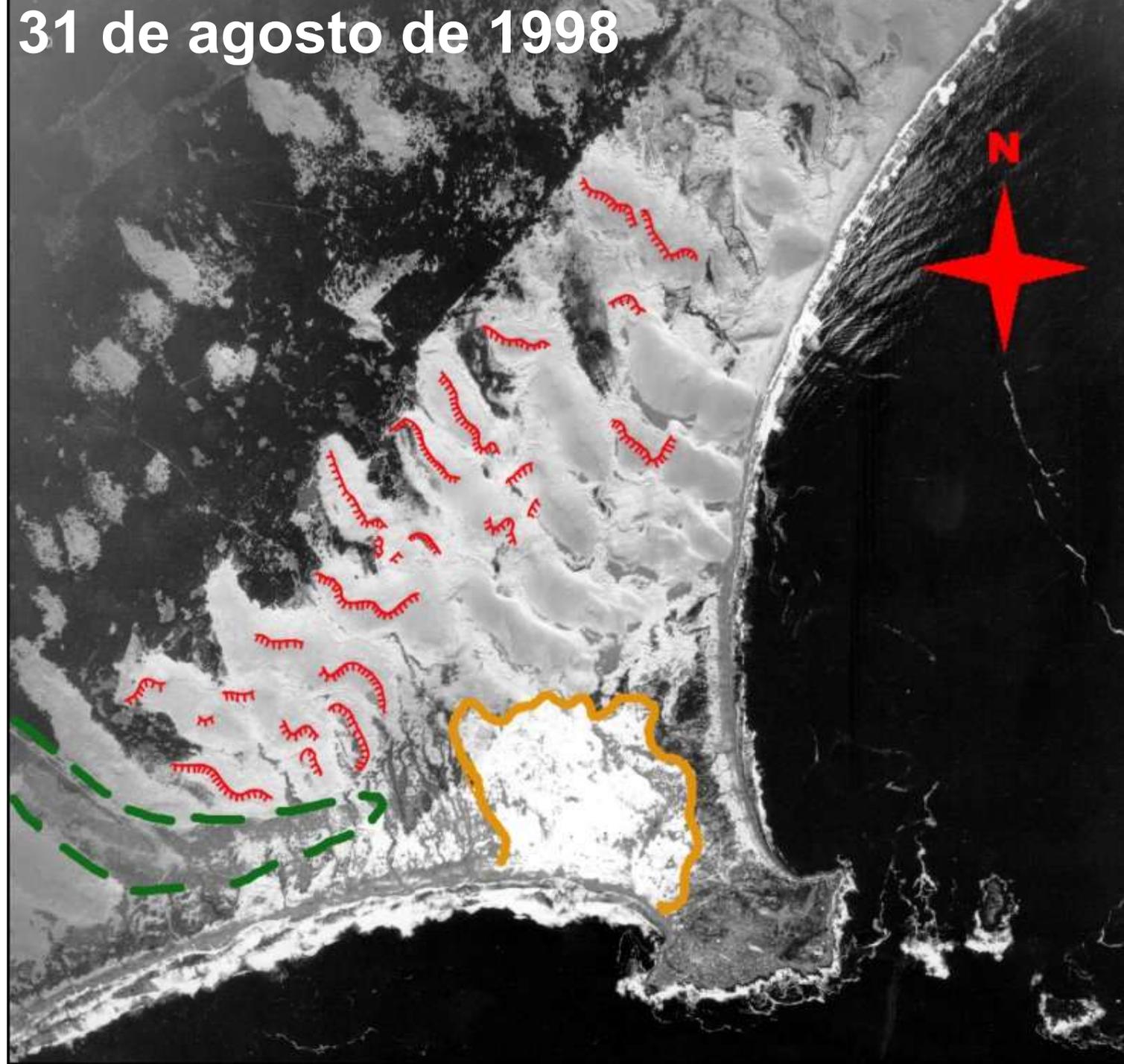
Playa La Ensenada

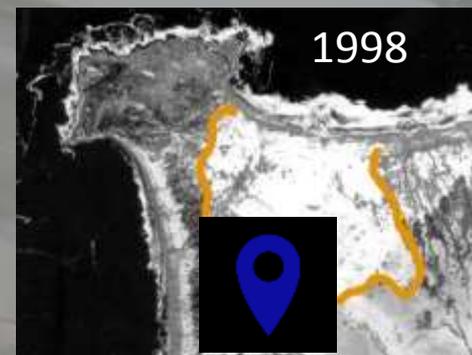
Oceáno Atlántico

Foto: SSRFA, 7 de abril de 1986



31 de agosto de 1998







**Barra de Valizas, Rocha – efectos de las  
construcciones y defensas inútiles.**

**¿Seguiremos construyendo sobre el cordón dunar?**

**1996**

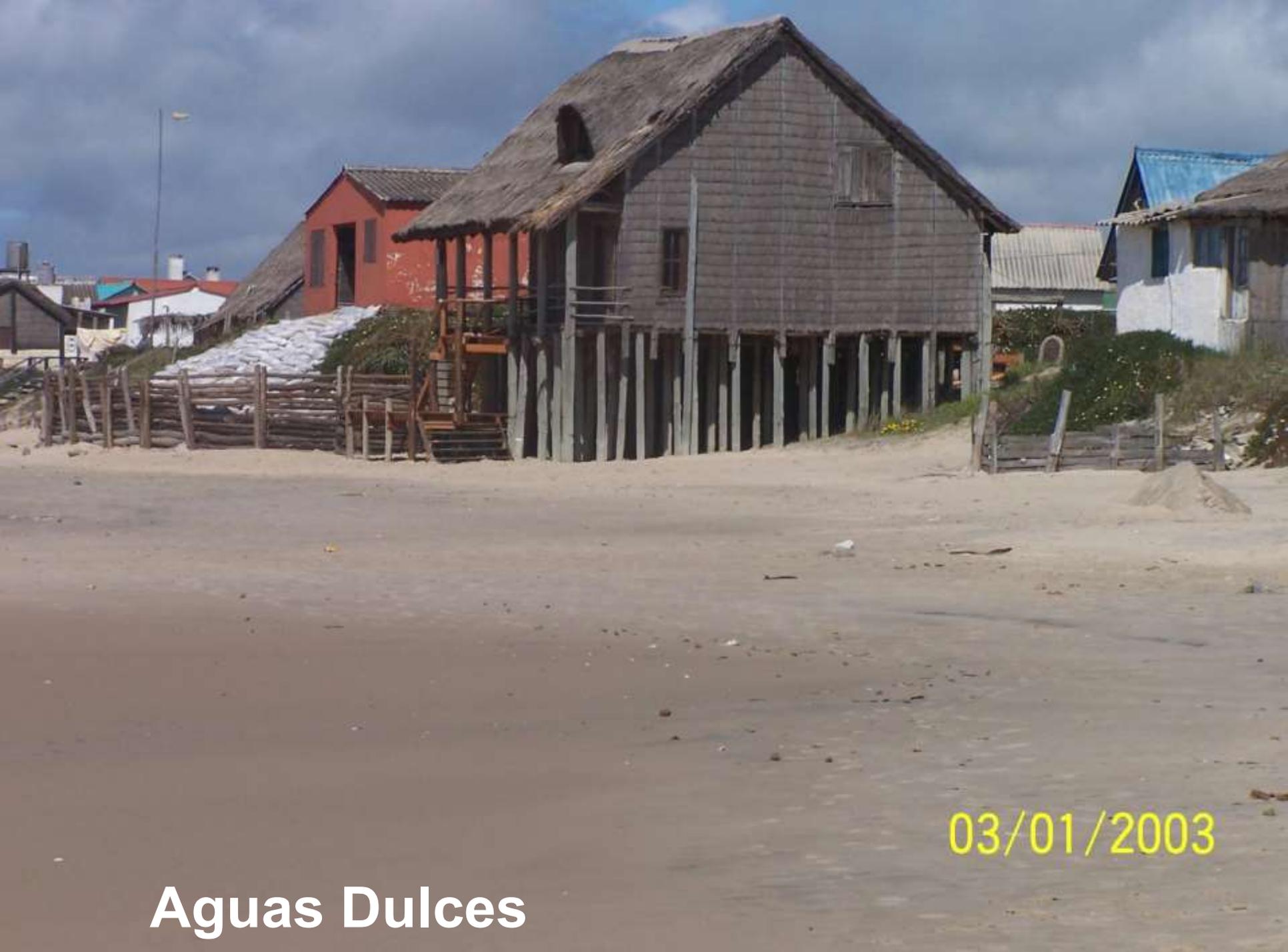


Barra de Valizas, junio 1996

# Aguas Dulces, Rocha – erosión costera



1996



03/01/2003

**Aguas Dulces**

Noviembre 2015



Octubre 2016



Octubre 2016



# ➤ Antrópicas locales

✓ Las altas cuencas



Imagen Landsat TM 04/02/2005  
Curvas de nivel c/ 10 m y hidrografía  
a partir de cartografía SGM esc. 1:50.000.



Sierra de las Animas

Arroyo Solís Grande

Arroyo de las Espinas

Cañada de la

Barra del Ombú

Arroyo de las Flores

Arroyo de las Tarariras

Jaureguiberry

Balneario Solís

Bella Vista

Las Flores

Curvas de nivel	
	5 - 90
	90 - 170
	170 - 250
	250 - 340
	340 - 500



Balneario Bella Vista, extracción artesanal de cantos rodados. Un problema en las playas subsiguientes en la dirección de la deriva

Bella Vista antes del temporal, los cantos  
proviene de las sierras. La playa baja es de  
arena fina. Los cantos son movidos durante  
temporales.

Fotografía Leonardo Puei

04/03/2005

Balneario Bella Vista  
y la erosión del cordón  
después del temporal.



29/08/2005

Balneario Solís - Estructura natural de  
defensa generada por tormentas.  
Obsérvese los cantos rodados.



17/02/2005

# ➤ Antrópicas locales

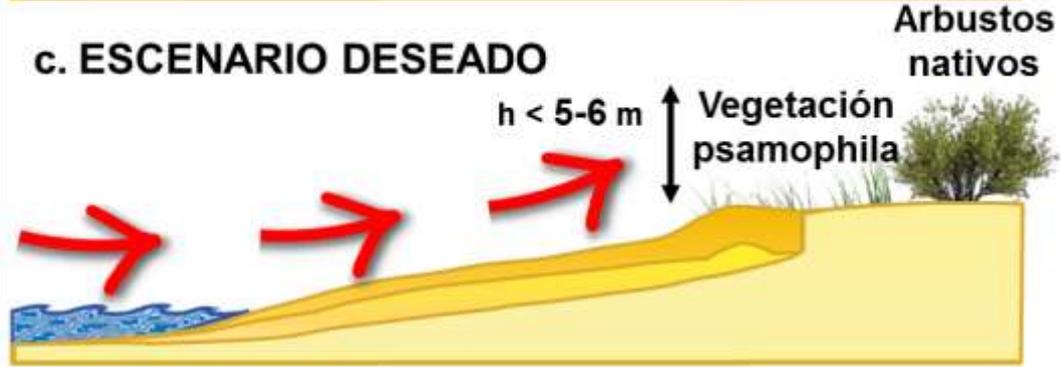
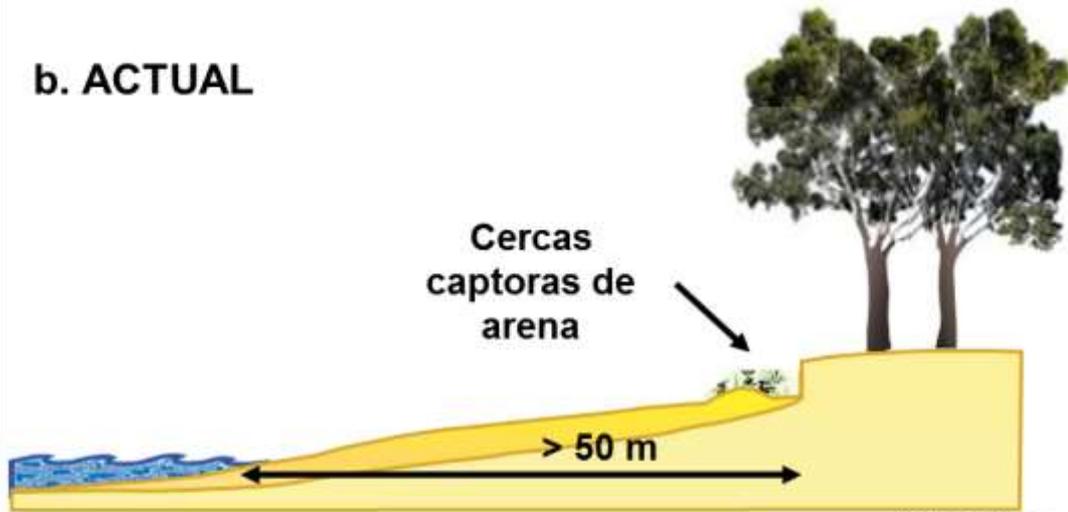
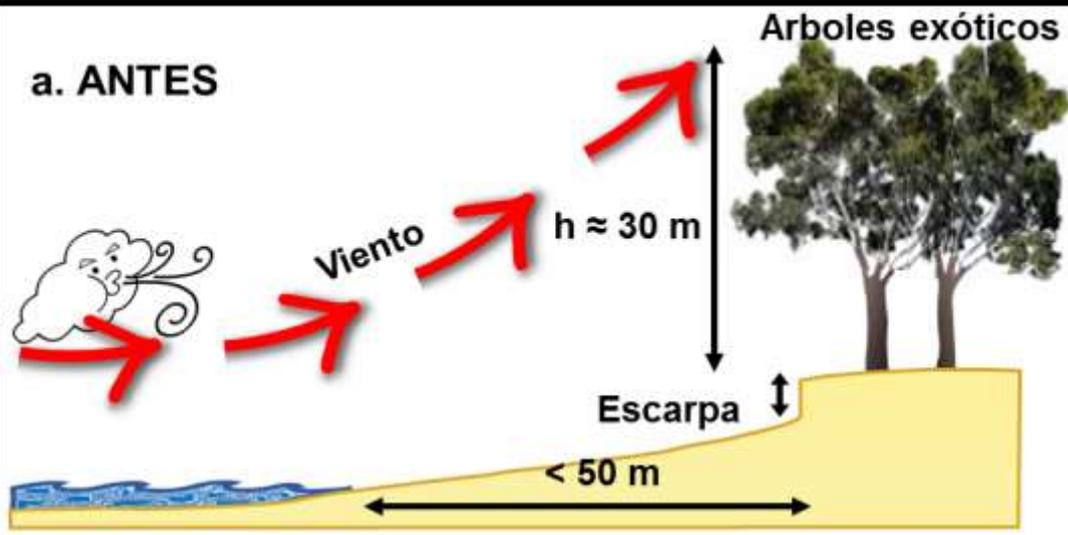
- ✓ **La vegetación, sus servicios y sus impactos**



14/04/2005







Carro I, Seijo L, Nagy GJ, Lagos X, Gutiérrez O 2018. **Building capacity on ecosystem-based adaptation strategy to cope with extreme events and sea-level rise on the Uruguayan coast.** *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 10, 504–522. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-07-2017-0149>



**Playa Los Pinos: Efectos del reparo de la forestación sobre la playa.** 01/02/2005



**Neptunia, cordón dunar degradado**

**08/07/2005**



**Las barreras de ramas también permiten restaurar el cordón dunar.**



16/10/2005

**Colonia tras más de un siglo de  
extracción de arena.  
En 1968, eran playas  
de arena blanca.**

**La vegetación como indicador**

**12/10/2005**



# Plan Andaluz para el Control de las Especies Exóticas Invasoras

## Uña de león

*(Carpobrotus edulis)*



**Origen:** Sudáfrica.

**Uso:** ornamental, medicinal y fijadora de dunas.

**Riesgo:** compite con otras especies vegetales de marcado valor ecológico del litoral andaluz.

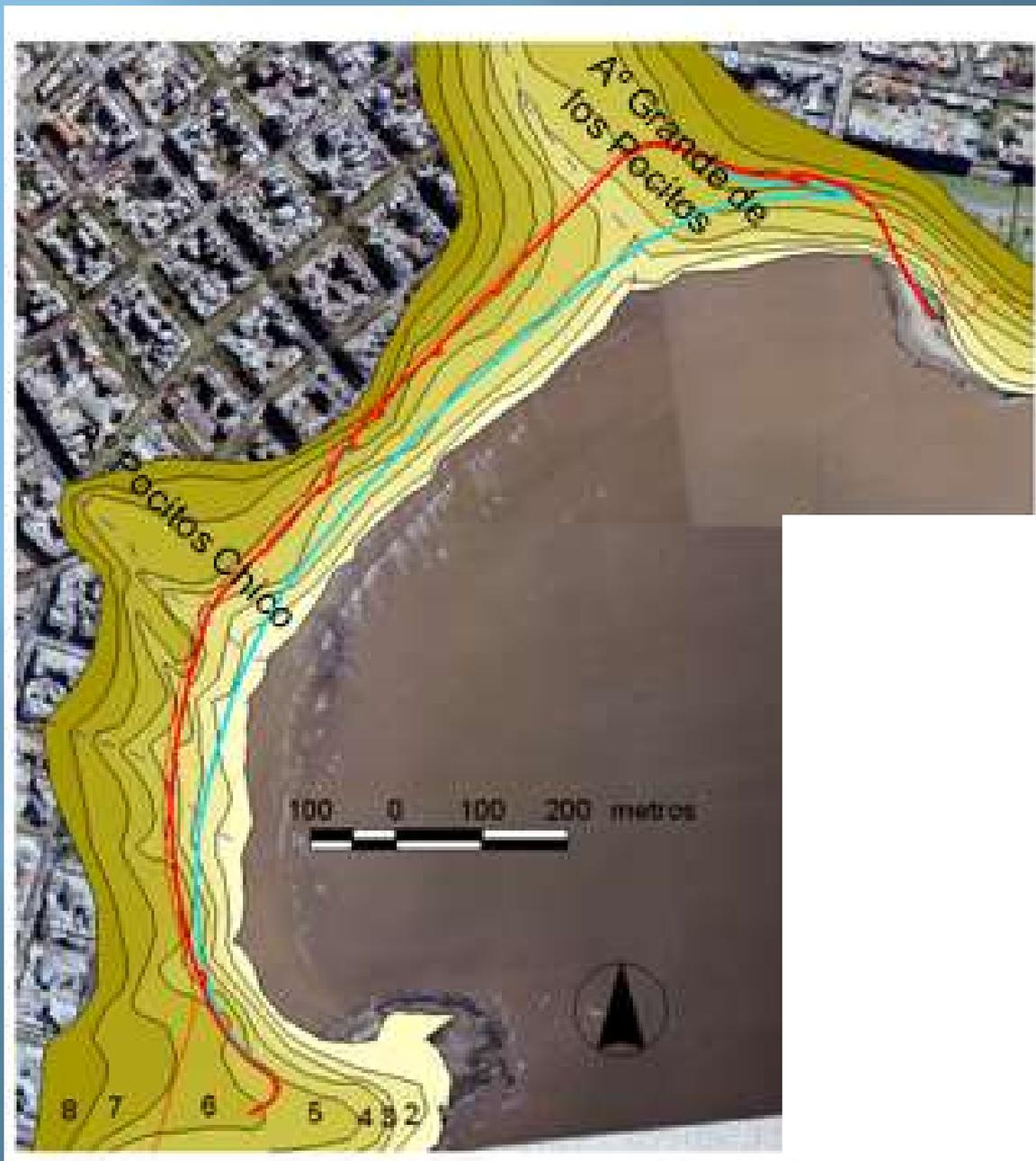
La Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía está llevando a cabo las tareas de eliminación, y sustitución por especies autóctonas, de la uña de león en diversos puntos del litoral debido a que su expansión supone un grave riesgo para la vegetación natural.

Octubre 2016



# ➤ Antrópicas locales

- ✓ Otros impactos antrópicos locales



Curvas de nivel cada 1 metro, realizadas en 1906 para el Proyecto de Saneamiento de la Cuenca de los Pocitos, superpuesta a imagen del 29 de setiembre de 2007.

La línea roja es la ubicación de la rambla actual. En turquesa se indica la línea de marea alta para el año de la foto. Nótese la mayor altura y ancho de la playa en relación de la línea de costa respecto a la actual.

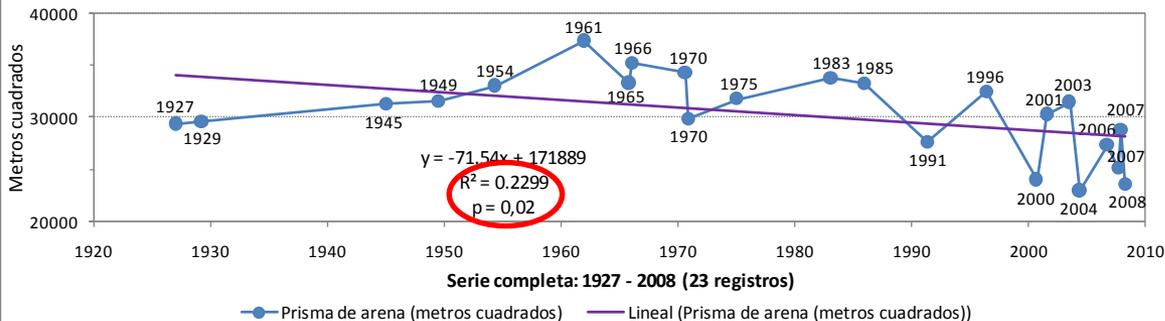
(Fotos: Archivo IMM, año 2007).



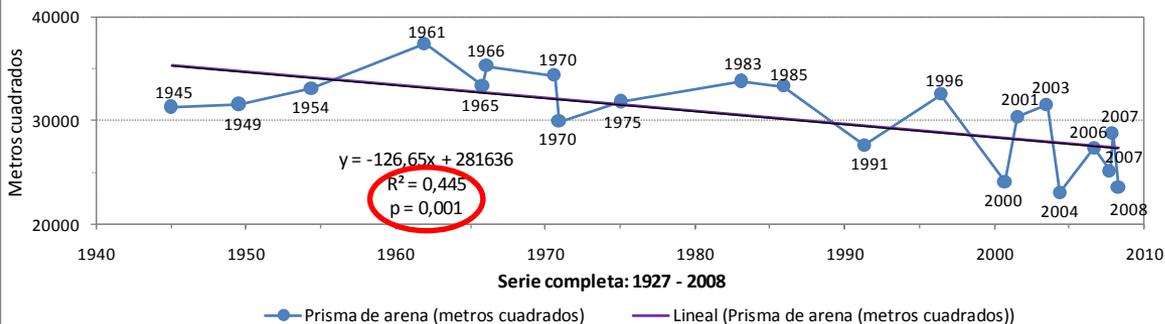
Foto: Archivo IMM - enero 1945, N° 008, esc. 1/10.000

# Algunos resultados Playa Ramírez:

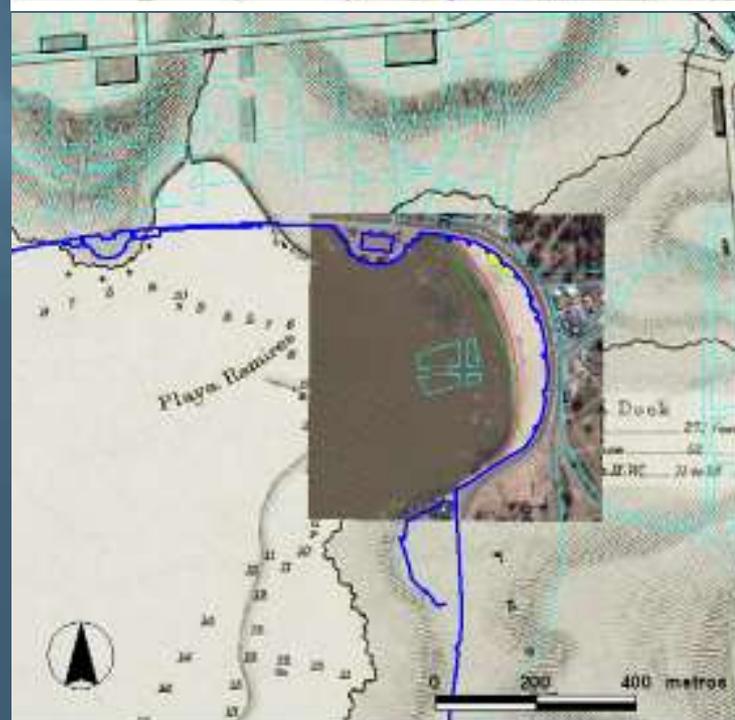
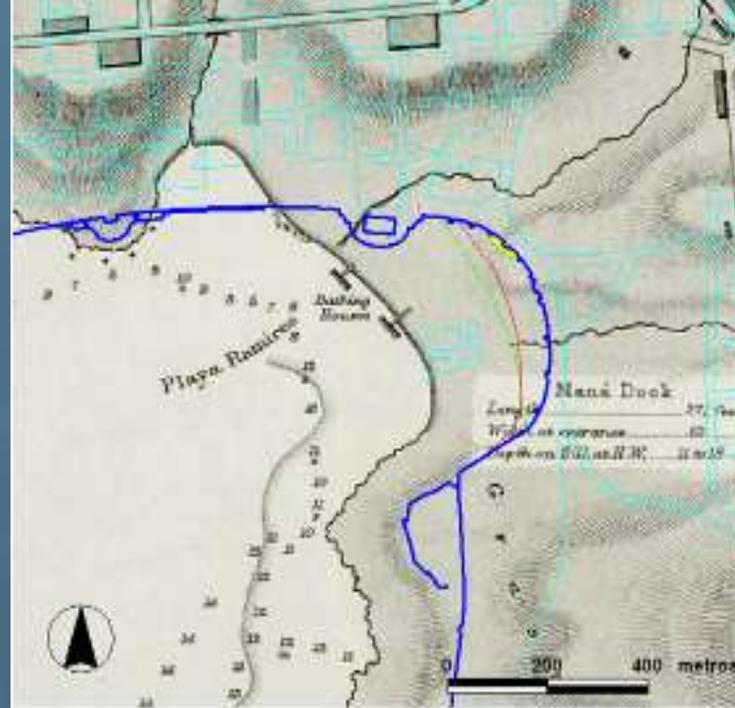
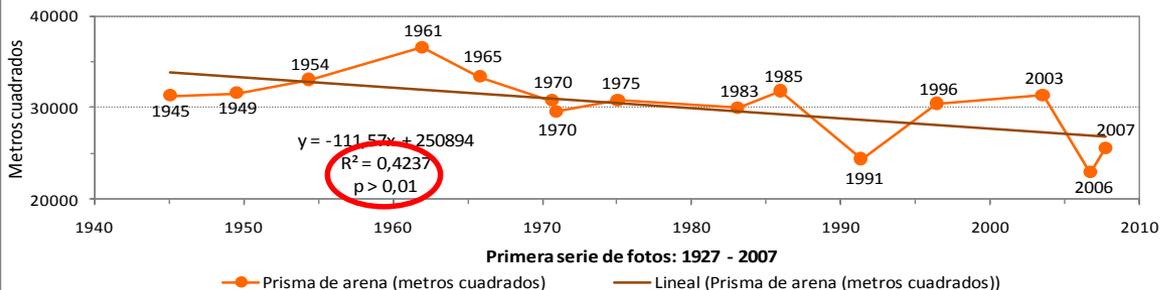
Playa Ramírez - LSH-ZAIO



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.



Foto: Archivo IMM - enero 1945, N° 008, esc. 1/10.000

Octubre 2016

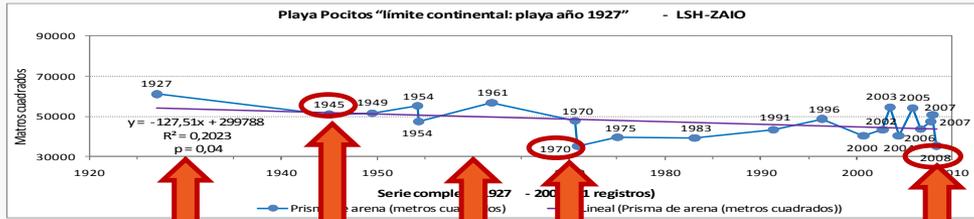




Obras civiles:  
retiro descanso,  
espigones, etc.

Proyecto  
MTOPI/  
PNUD/  
UNESCO

Convenio  
IMM-FC



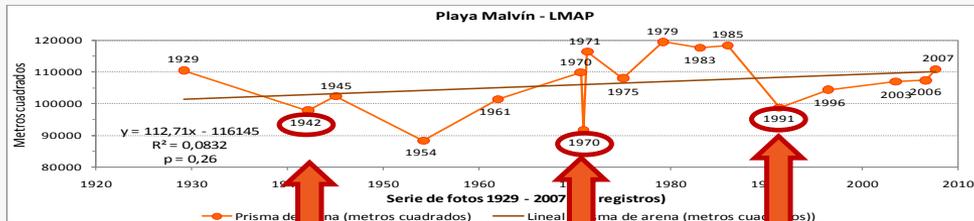
Desvío  
del Arroyo  
Pocitos

Comienzo obras  
de rectificación  
de la rambla

Recarga  
con  
arena de  
Ramírez

Proyecto  
MTOPI/  
PNUD/  
UNESCO

Convenio  
IMM-FC



Canalización del  
Arroyo Malvín

Proyecto  
MTOPI/  
PNUD/  
UNESCO

Construcción de  
vallados



# CONSTRUYENDO RESILIENCIA

➤ Los desagües pluviales



16/04/2005

# Efectos sobre la playa:



16/04/2005

Playa La Ensenada, Cabo Polonio



10/10/2005



10/10/2005

Conduciendo las aguas, en Cabo Polonio







16/05/2007



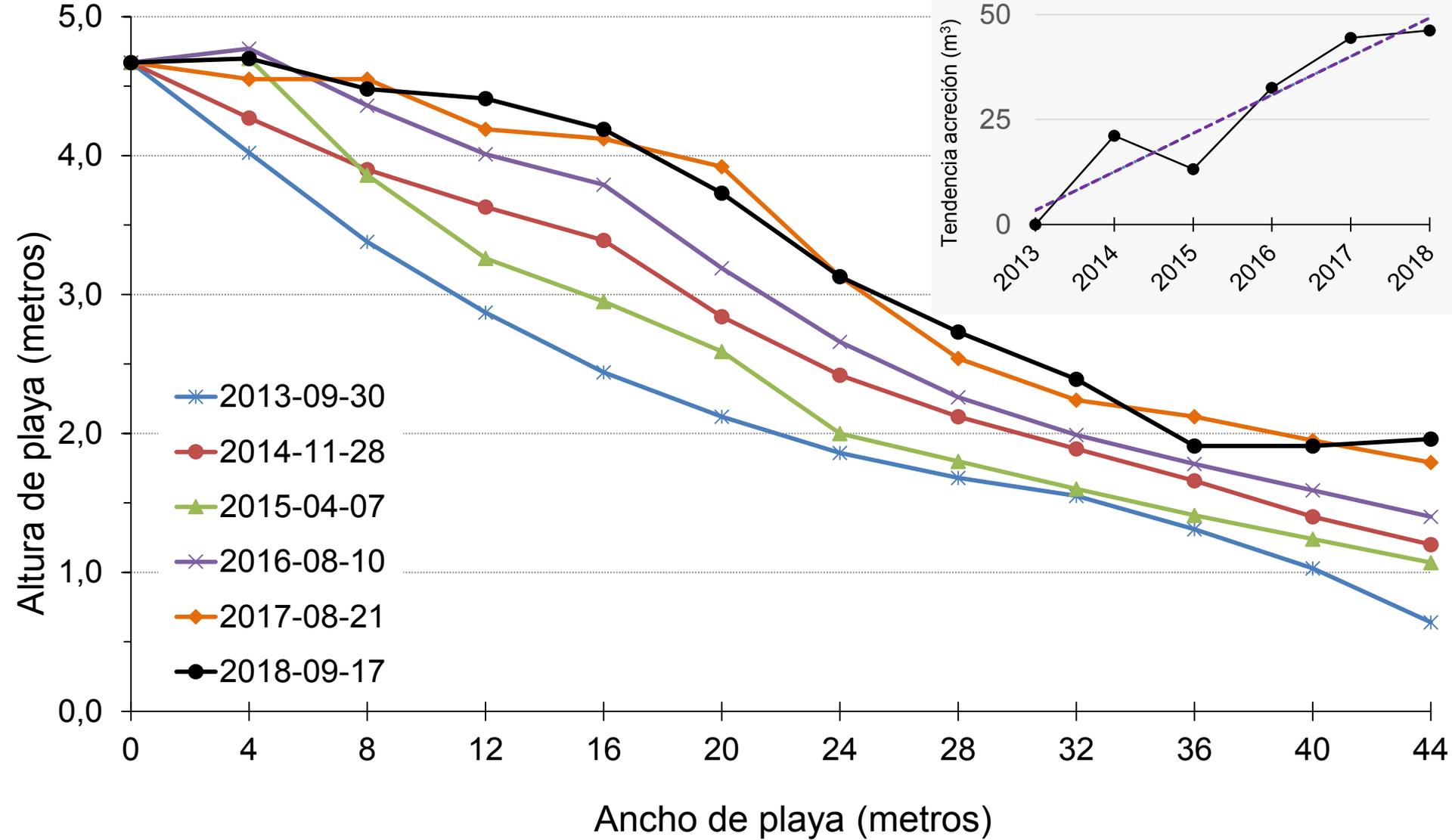
06/03/2008











# Jaureguiberry, reconstrucción de cordón dunar con ramas de acacia



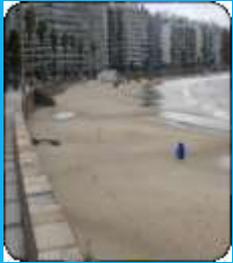
# Pero realmente en Uruguay... ¿qué queremos preservar?



Funciones  
ecosistémicas



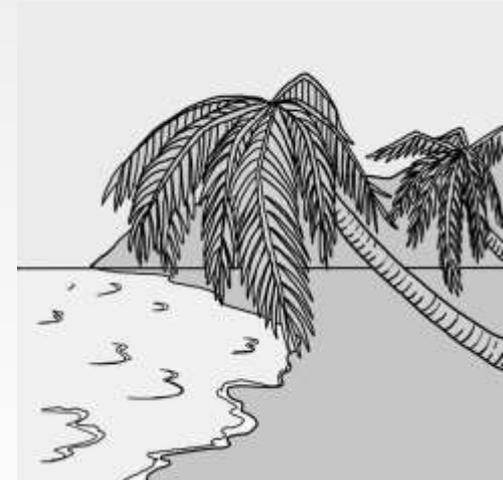
Servicios



Infraestructuras



Territorios



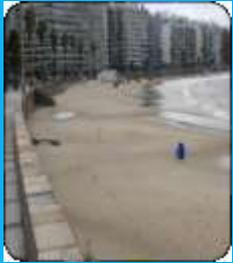
# ¿Qué queremos preservar?



Funciones  
ecosistémicas



Servicios



Infraestructuras



Territorios







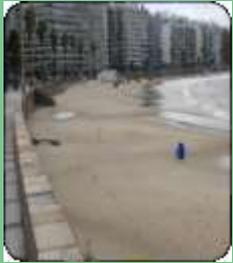
# ¿Qué queremos preservar?



Funciones  
ecosistémicas



Servicios



Infraestructuras



Territorios



**¿Aprenderemos a no construir sobre la costa?**



Noviembre 2015



Octubre 2016



Octubre 2016





**Costa Azul - defensas varias, julio 1994**

Octubre 2016



**Santa Mónica, luego del temporal**

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



21/07/2005

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 background, 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, spiky vegetation, possibly coastal plants. The overall scene depicts a natural coastal environment where sand dunes are encroaching on a road or path.

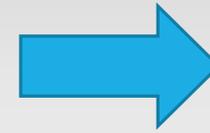
Luego esta arena tapa la rambla...

04/10/2005

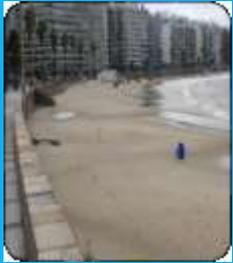
# ¿Qué queremos preservar?



Funciones  
ecosistémicas



Servicios



Infraestructuras



Territorios





Oct/2001

**Defendemos  
el territorio?**



Balneario Solís después  
del temporal de febrero

17/02/2005

# Algunas consideraciones



**Consecuencias de  
superar los umbrales de  
resiliencia ecosistémica:**

**¿La construcción de un  
futuro dudoso?**

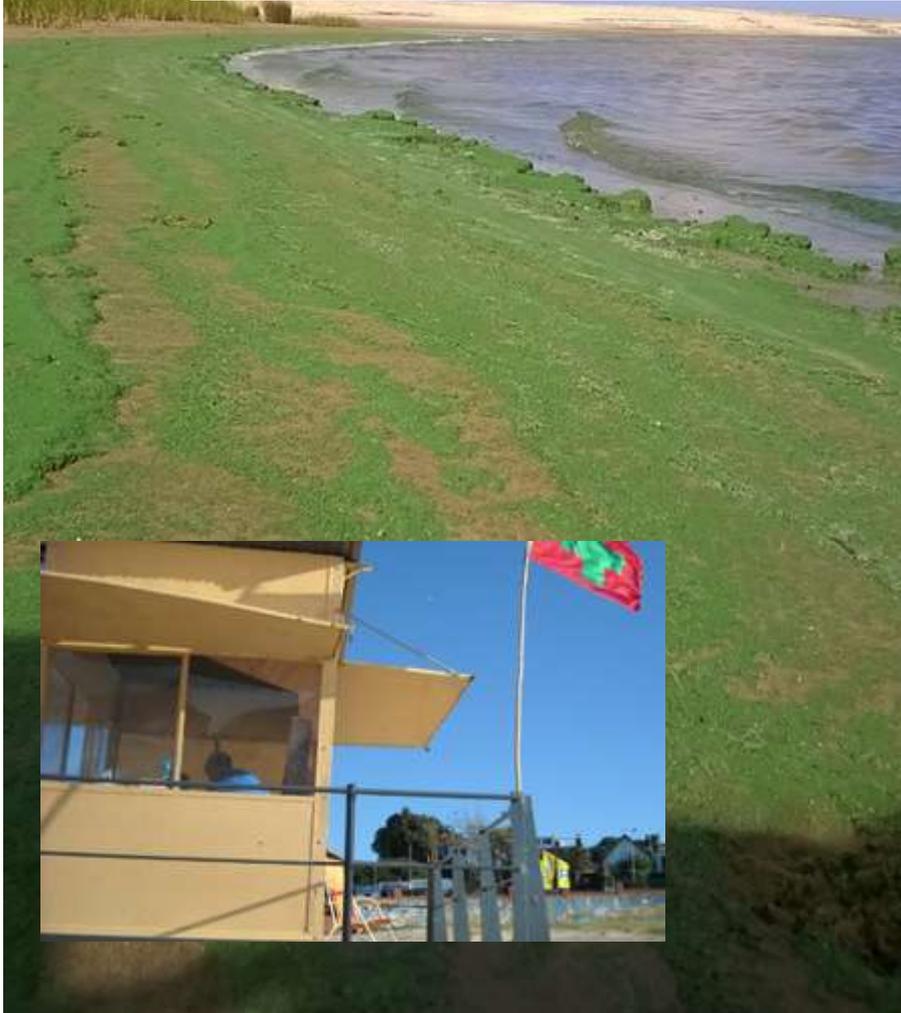




**Desembocadura del Arroyo Solís**  
**08/02/2017**

Fotografía: Agrupación de  
Guardavidas de Maldonado

**De 6 eventos a 81 en 10 años**



Vidal F, Sedan D,  
D'Agostino D,  
Cavaliere ML, Mullen  
E, Parot Varela MM,  
Flores C, Caixach J,  
Andrinolo D (2017)  
**Recreational  
exposure during algal  
bloom in Carrasco  
Beach, Uruguay: A  
liver failure case  
report.** *Toxins*, 9:267.  
doi:10.3390/toxins9090267



Apariencia macroscópica externa del hígado. Véase la superficie nodular colestásica gruesa (**flechas rojas**) y las áreas con extinción parenquimatosa (**flecha negra**).

**La costa uruguaya es el mayor  
parque nacional y el más  
apreciado por la cultura  
nacional.**

**Cuidemos  
este  
patrimonio**

