

# Vulnerabilidad del sistema portuario de titularidad estatal ante el cambio climático.



**D. Gomis , G. Jordà, M. Marcos,  
A. Martínez-Asensio, J. Llasses**



**E. Álvarez-Fanjul, R. Aznar,  
E. Padorno, S. Pérez, B. Pérez**



**M. N. Tsimplis, F.M. Calafat**



**E. Rodríguez-Camino  
J. C. Sánchez-Perrino,  
J. M. Rodríguez**



**S. Somot, F. Sevault, F. Adloff**

## Índice de la presentación:

- Vulnerabilidad de los puertos ante el clima actual
- Estudios de cambio climático regionalizados
- Líneas de futuro: Impactos (estudios en curso):

# Definición Vulnerabilidad ante clima actual

- Basado en formulario remitido a todas las AA.PP.
- Análisis por fenómeno (rebase, onda larga...) de la vulnerabilidad, incluyendo descripción, método de predicción y monitorización
- Rellenado en colaboración con Puertos del Estado



**Problemas causados por oleaje.**

Autoridad portuaria de Bahía de Algeiras

### Rebase

**Descripción y afección del fenómeno**

Número estimado de eventos anuales: 308 Impacto económico anual estimado (si es posible aportar):  
¿Existe riesgo de pérdida de vidas?  Sí  No  ¿Existe riesgo de paralización de actividad portuaria?  Sí  No

Descripción de los problemas causados por el fenómeno:  
Rebase del dique de abrigo del puerto de la línea:

### Predicción del fenómeno

¿Existe algún tipo de sistema de predicción?  Sí  No   
Si no existe, ¿es necesario seguir rellenando esta sección de la tabla (Sistema de ejemplo 200)?

¿Es el sistema preciso? Mucho  bastante  poco  nada  ¿Es suficiente el horizonte de predicción?  Sí  No

¿Es el acceso a las predicciones satisfactorio?  Sí  No  ¿Está integrado en la gestión de la A.P.?  Sí  No

Sugerencias para las mejoras en el sistema de predicción:

### Monitorización en tiempo real del fenómeno

¿Existe algún tipo de sistema de monitorización?  Sí  No   
Si no existe, ¿es necesario seguir rellenando esta sección de la tabla (Sistema de ejemplo 200)?

¿Es satisfactoria la calidad de las mediciones? Mucho  bastante  poco  nada  ¿Es adecuado el número de instrumentos?  Sí  No

¿Es el acceso a los datos el adecuado?  Sí  No  ¿Es adecuada la frecuencia de muestreo?  Sí  No

Sugerencias de mejora en el sistema de monitorización:

Por favor, de forma razonada con el responsable del fenómeno (A.A.P., nombre, cargo y correo electrónico):

¿Existe algún otro comentario relevante que deba tenerse en cuenta?  Sí  No

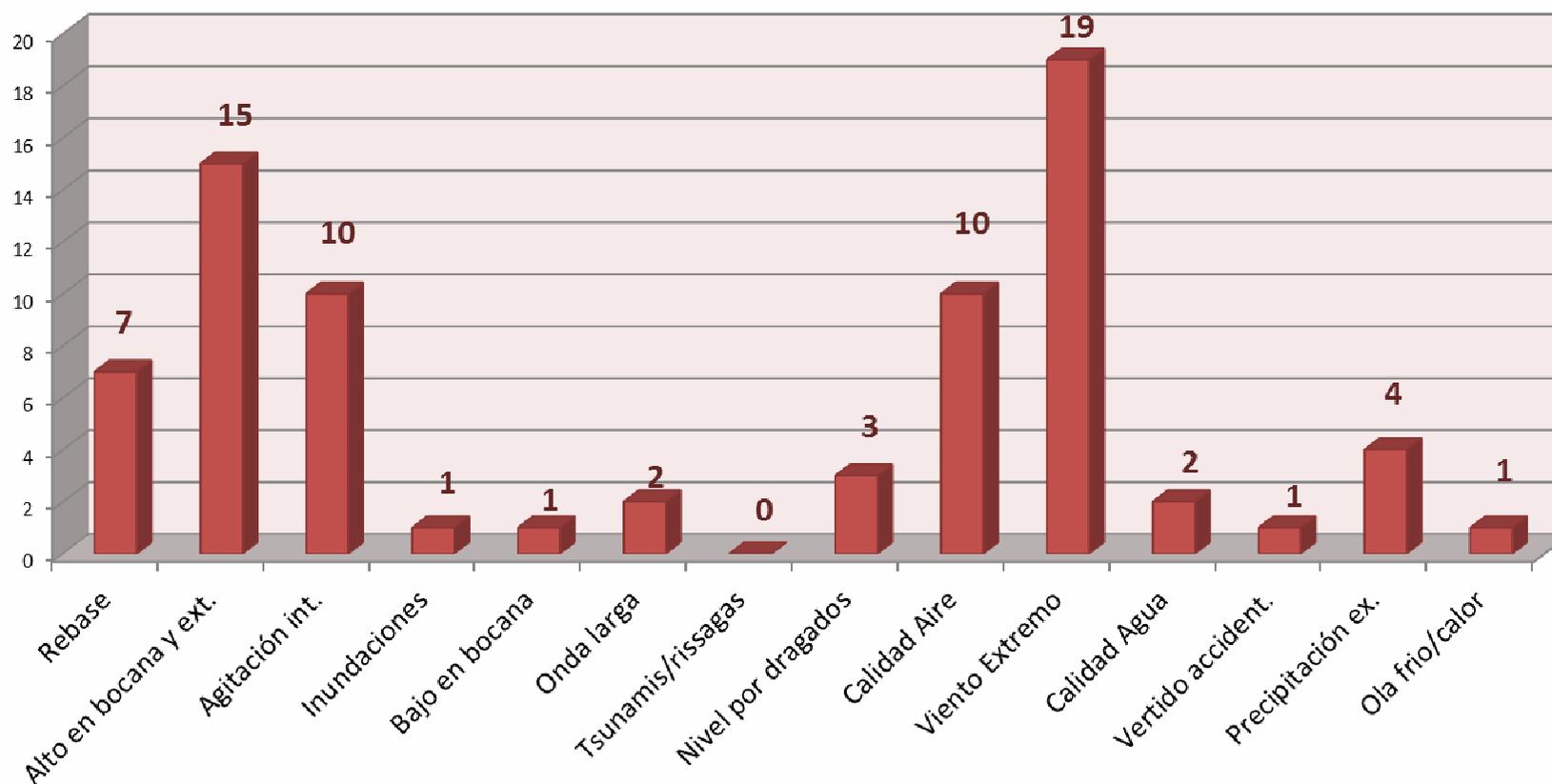
¿Hay algún otro comentario relevante que deba tenerse en cuenta?  Sí  No

Otros comentarios adicionales que se deseen incluir:

# Definición Vulnerabilidad ante clima actual

Resultados del estudio realizado con las AA.PP.

## Nº DE AAPP QUE CONSIDERAN QUE SE PRODUCE PARALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD PORTUARIA

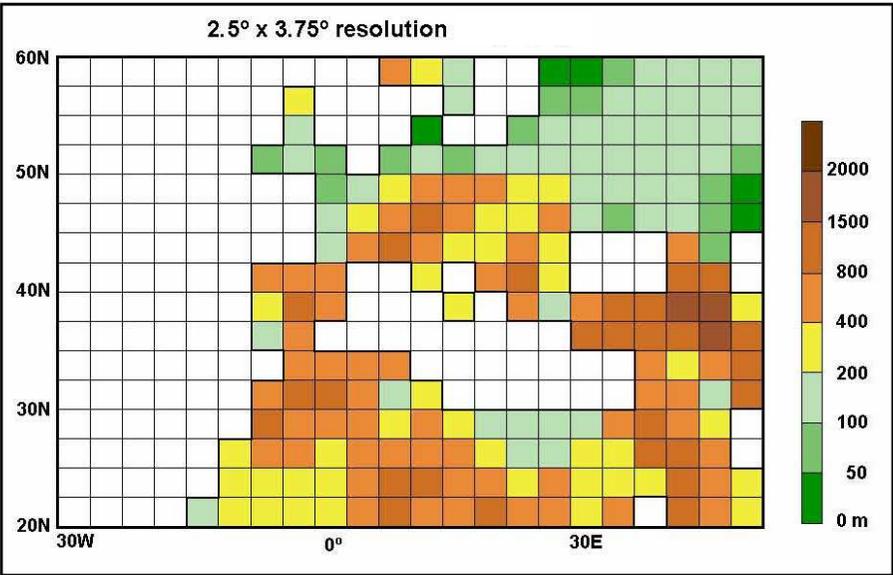


## Regionalización climática

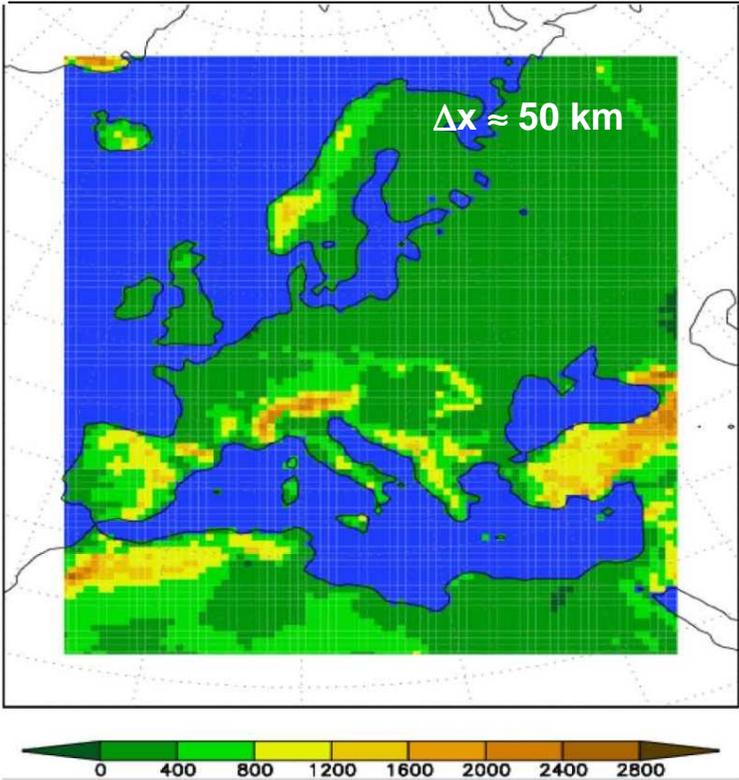
### Objetivos de los proyectos Vanimedat II y Escenarios:

- Entender la variabilidad climática observada en las costas españolas durante las últimas décadas del siglo XX
- Obtener un conjunto de escenarios climáticos marinos regionalizados para el siglo XXI para todas las costas españolas, con el objetivo de:
  - Cuantificar los cambios a que están expuestas las costas
  - Entender los procesos que subyacen a esos cambios
  - Ofrecer datos y productos derivados a gestores costeros, autoridades portuarias y políticos de cara a acometer estrategias de adaptación frente al cambio climático

# La importancia de la regionalización



Así son las costas y la orografía para un modelo global con una resolución de unos 250 km...



Y así son para un modelo regional con una resolución de 50 km

## Marco del trabajo:

### Parámetros de interés:

- Oleaje (medio y extremo)
- Nivel del mar (medio y extremo)
- Temperatura del agua
- Corrientes
- Salinidad

### Ámbito temporal:

- Siglo XX: entender los cambios observados
- Siglo XXI: caracterización de los cambios futuros

### Resolución espacial:

- Simulaciones regionalizadas: imprescindible para estudios de impactos locales y regionales

### Herramientas empleadas:

- Datos in-situ (PdE) y de satélite
- Simulaciones numéricas: anidados en modelos del IPCC
- Metodología IPCC: reanálisis, simus de control y proyecciones futuras

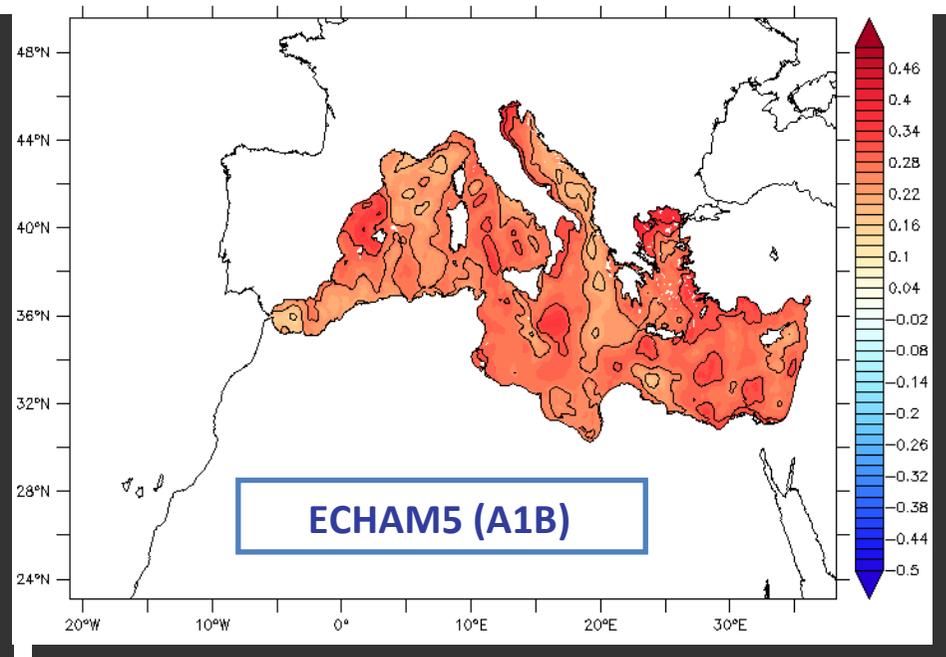
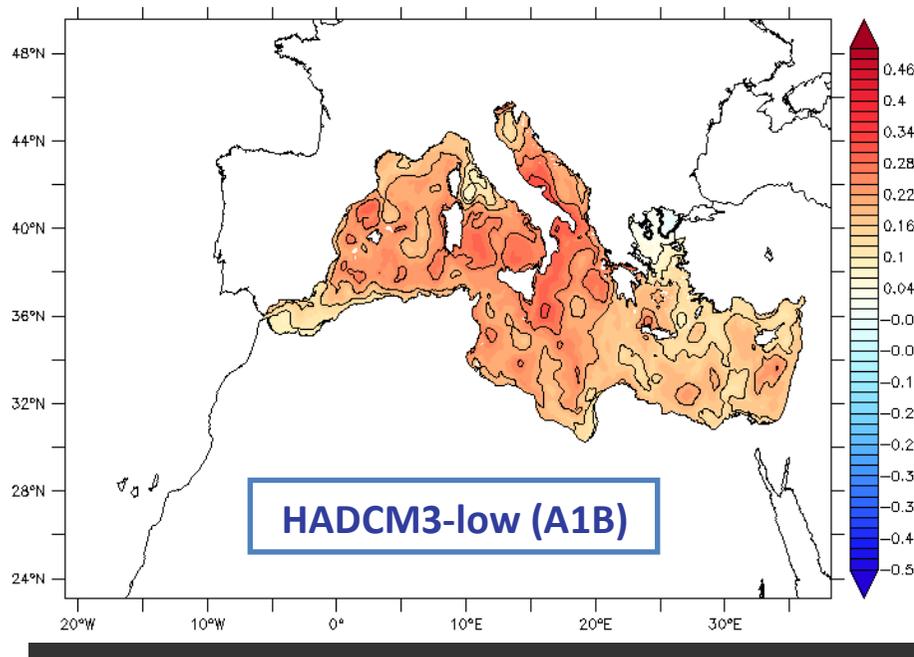
### Análisis de incertidumbre:

- Distintos escenarios de emisiones:
  - B1, Escenario “optimista”
  - A1B, Moderado o probable
  - A2, Escenario “pesimista”
- Distintos modelos globales para el *downscaling* de los forzamientos
- Distintas condiciones de contorno

# Proyecciones de SST (1/2):

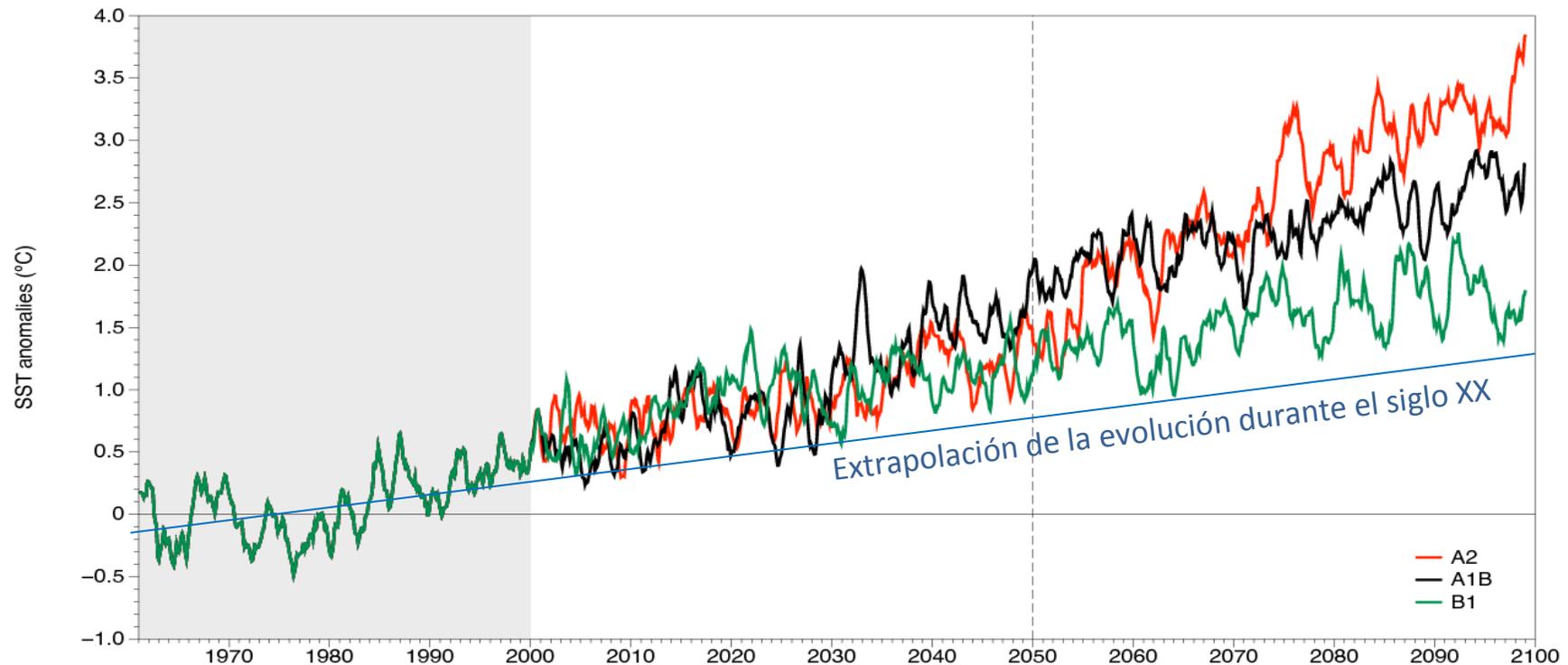
(2000-2050) – (1950-2000)

	Mar Cantábrico	Fachada atlántica	Golfo de Cádiz	Islas Canarias	Alborán y costa de Almería	Mar Catalano-Balear y Baleares
Variación de valor medio	Max: +0,9°C Min: +0,4°C	Max: +0,5°C Min: +0,1°C	Max: +0,8°C Min: +0,3°C	Max: +1,0°C Min: +0,3°C	Max: +0,6°C Min: +0,6°C	Max: +0,9°C Min: +0,5°C
Variación de percentil 95	Max: +0,9°C Min: +0,9°C	Max: +0,5°C Min: +0,3°C	Max: +1,5°C Min: +0,8°C	Max: +1,1°C Min: +0,6°C	Max: +1,3°C Min: +0,6°C	Max: +1,5°C Min: +1,1°C



Tendencia de SST (en °C/década) en el Mediterráneo para el periodo 2000-2050

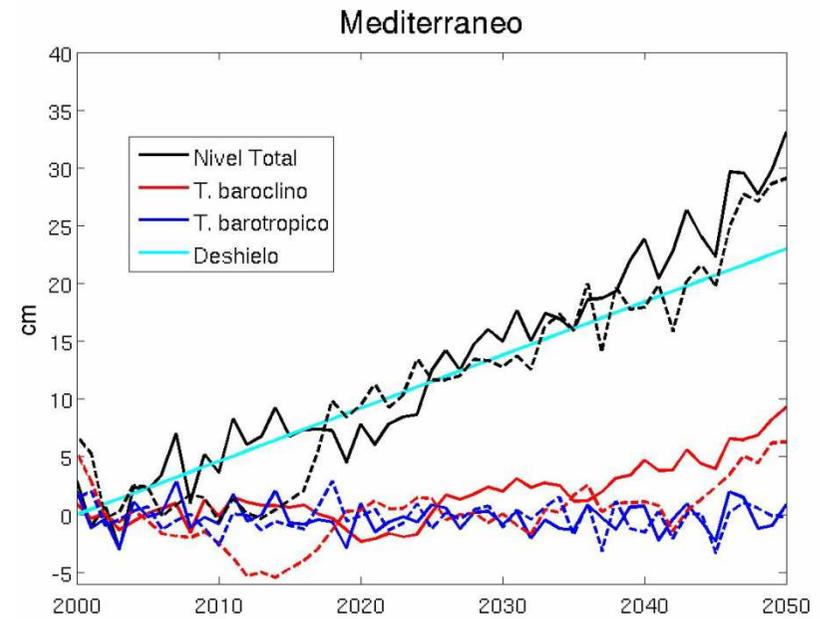
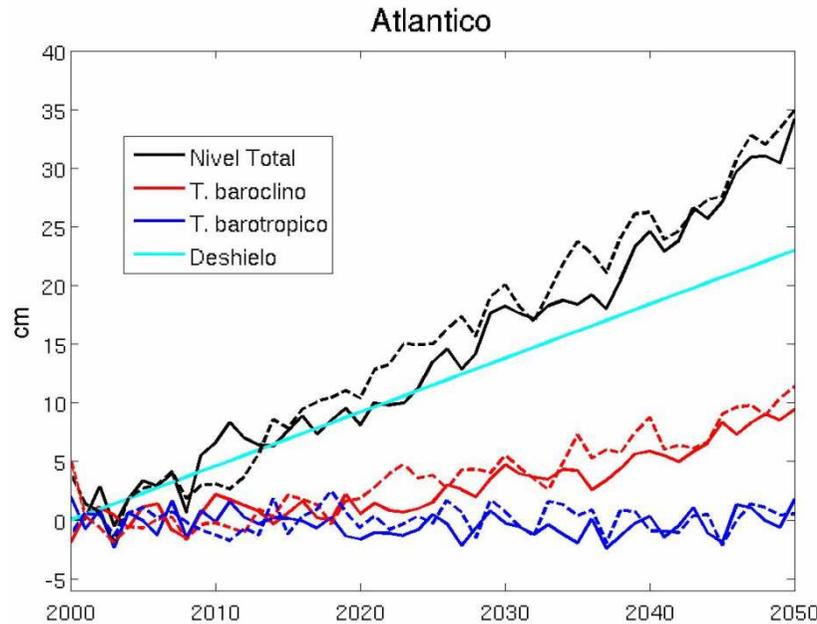
## Proyecciones de SST (2/2):



Evolución hasta 2100 de la SST promediada sobre toda la cuenca Mediterránea bajo distintos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero:

- B1: un escenario 'optimista'
- A1B: considerado en su día como el más probable, las emisiones presentes están superando con creces dicho escenario
- A2: considerado en su día como 'pesimista', las emisiones presentes también lo están superando

# Proyecciones de nivel del mar (1/2):

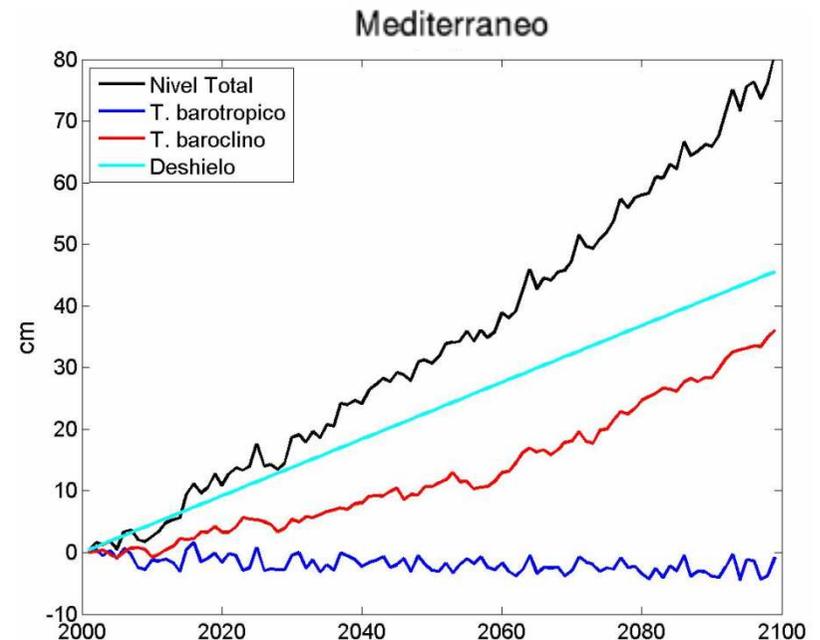


## Incremento del nivel medio del mar (A2):

- Hasta 2050: entre 15 y 35 cm

- Hasta 2100: entre 45 y 80 cm

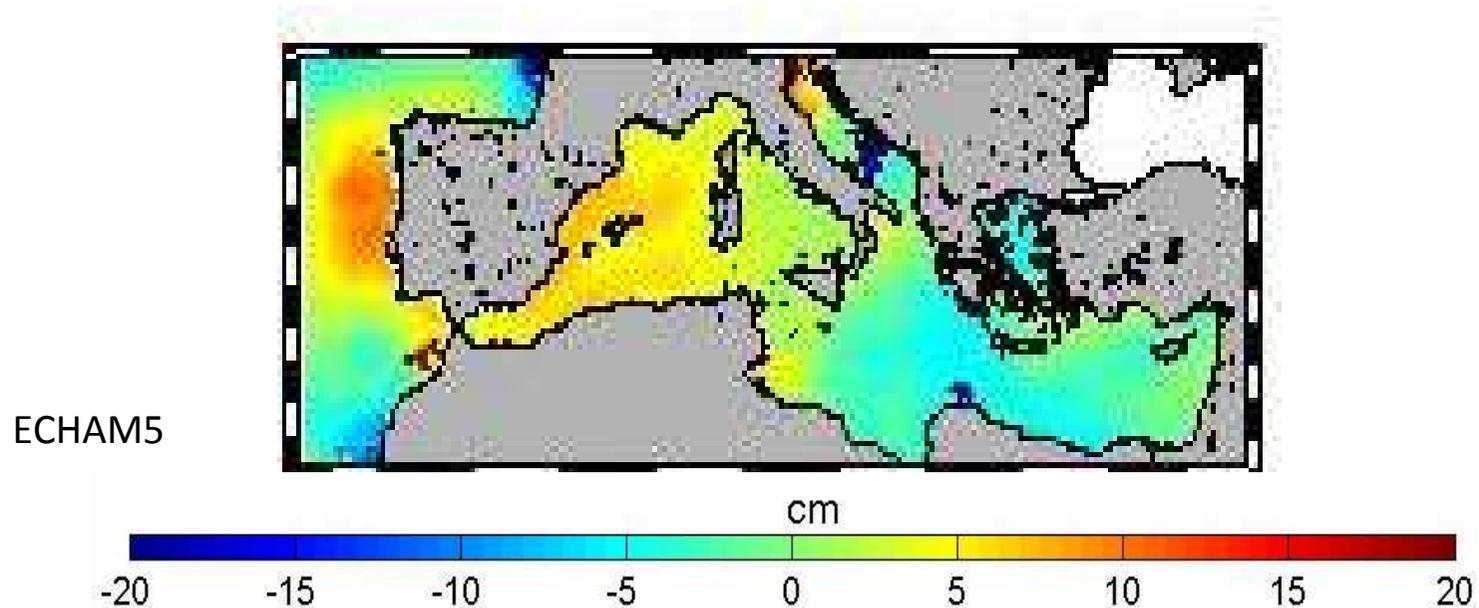
- La magnitud total depende mucho de la contribución de los hielos)
- Componente atmosférica casi irrelevante
- La componente baroclina es la que aporta la variabilidad regional



## Proyecciones de nivel del mar (2/2):

La componente atmosférica es irrelevante por lo que se refiere al nivel medio, pero debe estudiarse también si hay cambios en los extremos:

Diferencias entre los niveles de retorno del periodo 2060-2100 y los calculados para el periodo de control 1960-2000.



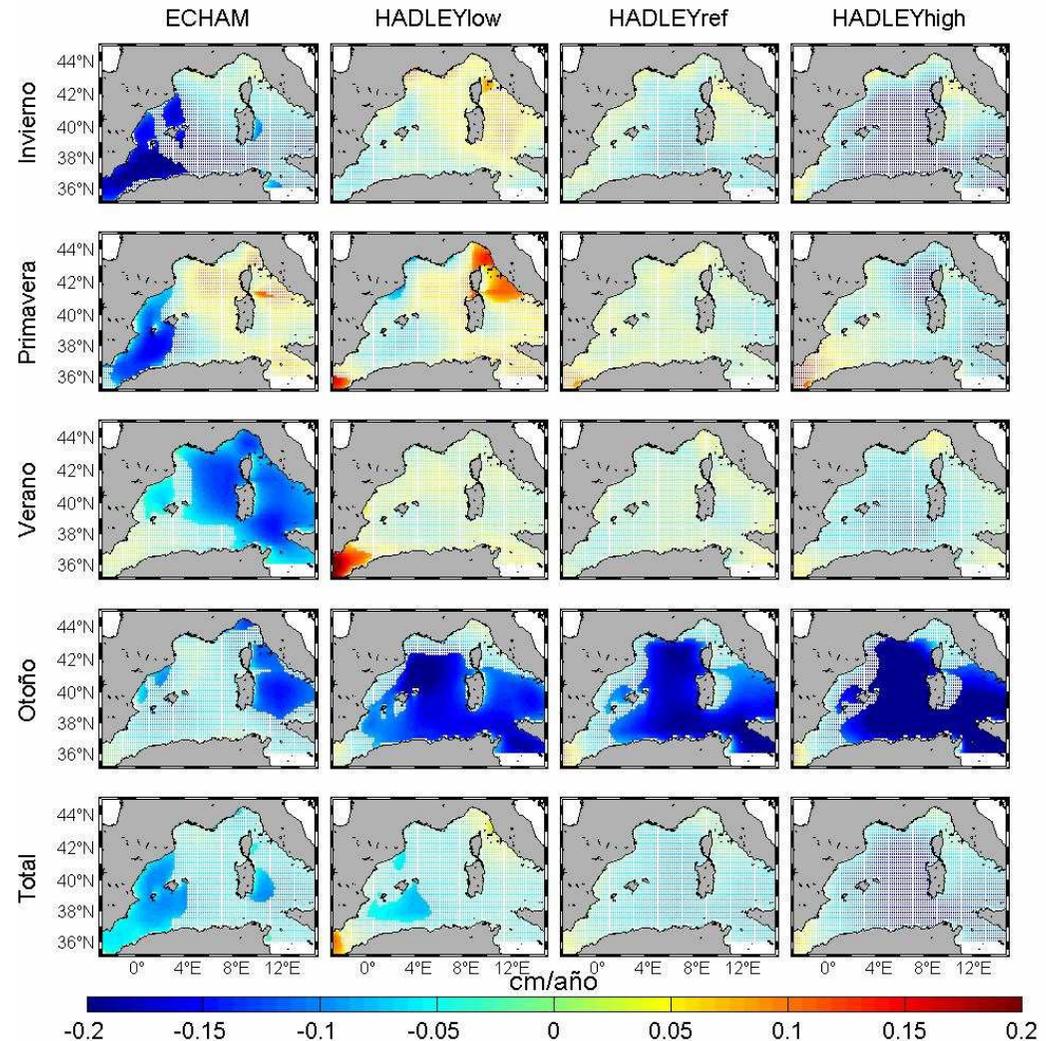
Para el periodo 2060-2100 los niveles de retorno a 50 años serían del orden de 5-10 cm mayores que a finales del siglo XX en la mayoría de costas españolas. [A esos cambios en el régimen extremal debe añadirse el aumento de nivel medio].

## Proyecciones de oleaje (1/2):

Tendencias estacionales y totales de Hs media para el siglo XXI (escenario A1B). Las zonas difuminadas corresponden a tendencias no significativas al nivel de confianza del 95%.

Disminución de la altura de ola significativa: -9% de reducción para el promedio anual, concentrada en otoño-invierno (-20%).

Cerca de costa los cambios proyectados son menores, al menos en valor absoluto.



## Proyecciones de oleaje (2/2):

Variaciones (en cm) del oleaje medio y extremal del siglo XXI (escenario A1B) con respecto al siglo XX. Los valores max/min corresponden a resultados obtenidos a partir de los forzamientos atmosféricos de distintos modelos (ECHAM5, HADCM3-Low, HADCM3-ref y HADCM3-High), todos ellos correspondientes al escenario A1B.

	Mar Cantábrico	Fachada atlántica	Golfo de Cádiz	Islas Canarias	Mar de Alborán	Costa de Almería y Blanca	Mar Catalano-Baleár (Península)	Islas Baleares
Variación de valor medio	Max: -7,3 Min: -2,2	Max: -7,3 Min: -3,6	Max: -3,3 Min: -0,4	Max: -3,6 Min: -0,7	Max:+3.7 Min: -1,1	Max: -3,7 Min: +1,5	Max: -3.0 Min: -0,7	Max: -6,9 Min: -3,6
Variación de percentil 95	Max: -23,3 Min: -0,3	Max: -11,4 Min: -2,4	Max:-11,7 Min: +0,9	Max: -5,4 Min: +0,6	Max: +8,1 Min: -0,7	Max: -11.4 Min: +2.4	Max: -8,7 Min: +0,1	Max: -11,6 Min: -5,1

Muy ligera disminución, pero de cara a los estudios de impactos debe recordarse que vendrá superpuesto a un nivel medio del mar más alto.

## Productos / Diseminación

- Datos y productos de interés para Puertos: disponibles en la web de Puertos del Estado

(<http://www.puertos.es>).

- Datos de otras simulaciones, reconstrucciones y otros datos de interés científico: disponibles en la web del IMEDEA

(<http://marine-climate.uib.es>).

- Aparte de la producción científica... más de 30 artículos publicados en revistas de primera línea.

- En preparación: libro que que, a la manera del IPCC, contendrá resúmenes ejecutivos para cada parámetro de interés.

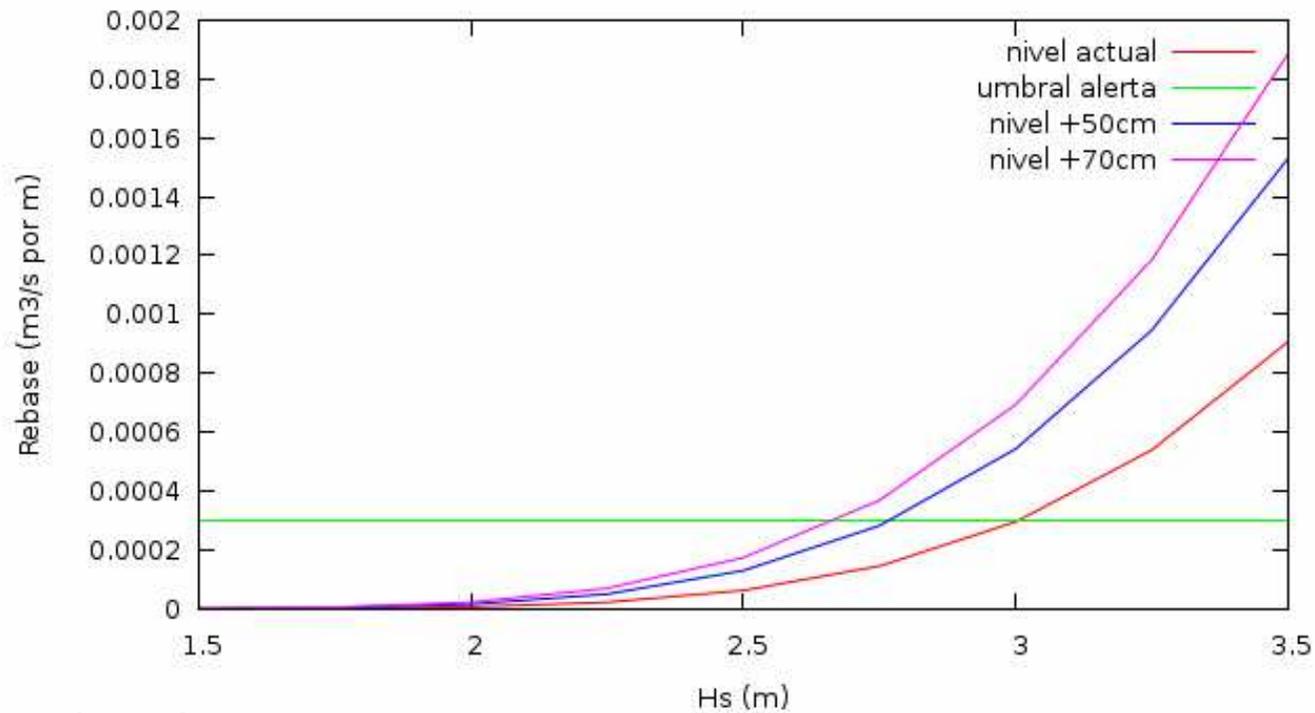
- Datos de las simulaciones: disponibles a través de la web de AEMET

([http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio\\_climat](http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat) )

# Impactos (estudios en curso)

## Impacto sobre los puertos:

Ejemplo de impacto directo: rebase en el dique sur de Barcelona:



**Impacto sobre las costas.**

**Impacto sobre ecosistemas marinos.**

# Conclusiones

→ Se dispone de las herramientas necesarias (conjunto completo de escenarios climáticos regionalizados) para abordar los estudios de impactos con garantías (i.e., con estimas robustas de las incertidumbres).

## **Conclusiones escenarios climáticos**

- Aumentos de temperatura superficial del mar
- Se prevé un aumento notable del nivel medio del mar.
- Ligera reducción del régimen medio oleaje. En alguna zona puede darse un aumento de los extremos, pero dentro del rango de incertidumbre.

## **Trabajo futuro**

- Colaboración con AA.PP. En estudios de impactos
- Actualización permanente y mejora de información de escenarios
- Necesidad de incluir resultados de clima en actividad de diseño