

El cambio climático en las costas españolas y su impacto en la operatividad portuaria.

ENRIQUE ALVAREZ FANJUL.



Puertos del Estado

- El 85% de las importaciones y el 60% de las exportaciones se realiza a través de los puertos: **Críticos para la economía nacional**
- Puertos del Estado:
 - Coordina y regula la actividad de los grandes puertos
 - Un total de **46 grandes puertos** (gestionados por **28 Autoridades Portuarias**)



El conocimiento del medio marino en la actividad portuaria es imprescindible en:

Fase de diseño del Puerto: descripción climática

- Parámetros básicos para el diseño de la infraestructura
- Viabilidad, presupuesto y planes de ejecución
- Seguridad de las futuras instalaciones
- Previsión de operatividad



Fase de construcción: medidas en tiempo real y predicciones

- Seguridad durante la fase constructiva
- Planificación a corto plazo



Fase de Explotación

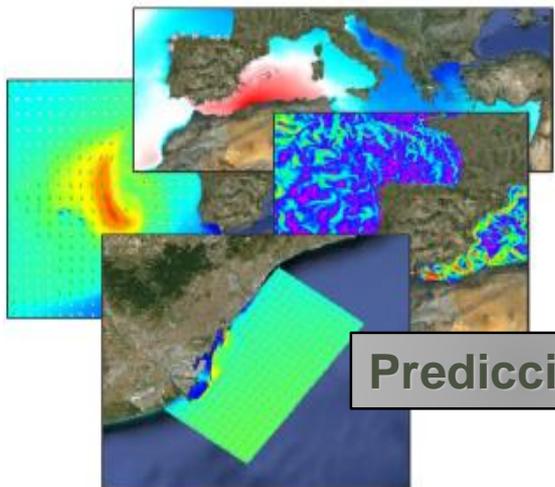
- Operatividad
- Seguridad (p. ej. control de rebases)
- Practicaje, control calidad agua, derrames, etc.



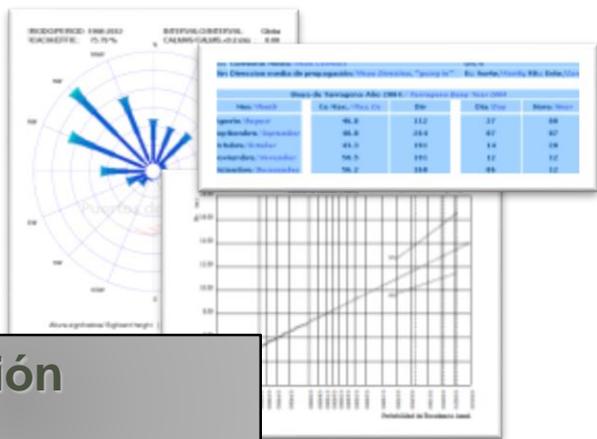
La solución: oceanografía operacional



Redes de medida



Predicciones



Información climática



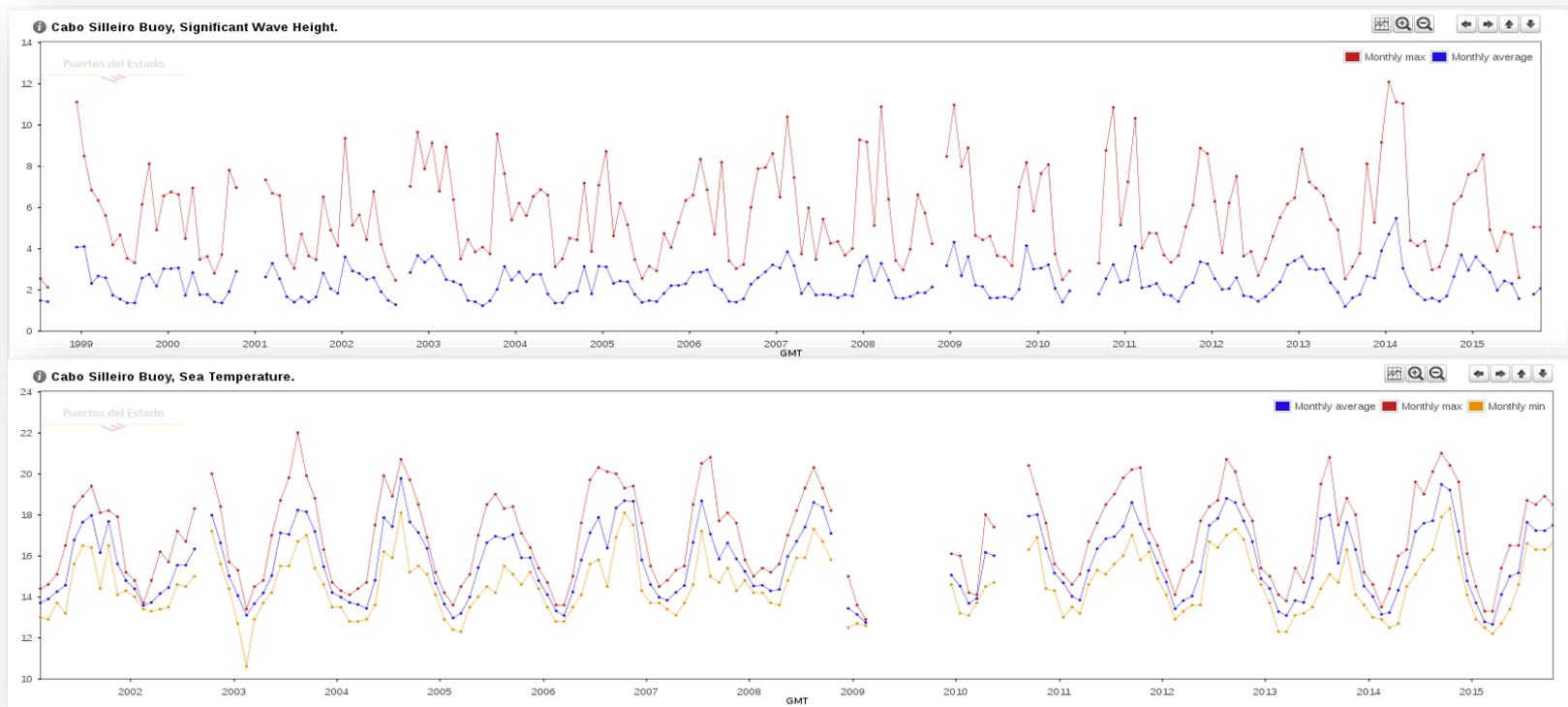
Herramientas de difusión

REDES DE MEDIDA I: RED DE BOYAS DE AGUAS PROFUNDAS

- 15 estaciones. Una de ellas forma parte de la red Europea de boyas.
- Boya del IEO de Santander integrada
- Boyas de gran envergadura.
- Fondeo en profundidades superiores a 400 m; información representativa de una amplia zona.
- Oleaje direccional, meteorología, corrientes, temperatura del agua y salinidad.
- Transmisión vía satélite en tiempo real a Puertos del Estado.
- Datos desde 1996.



Red de boyas de aguas profundas



Series climáticas: 20 años de datos

Red de boyas de aguas profundas

... a pesar de la mala vida

- Accidentes, derivas, colisiones con buques, problemas con pesqueros...
- Averías por crecimiento biológico



REDES DE MEDIDA II: RED DE BOYAS DE AGUAS COSTERAS

- 12 estaciones (8 propiedad de Puertos del Estado y 4 de AA.PP).
- Boyas midiendo oleaje cerca de la costa (aplicaciones portuarias y costeras).
- Oleaje direccional y temperatura del agua (Triaxys).
- Vía radio en tiempo real a una estación en tierra y desde ahí a Puertos del Estado.
- Datos desde finales de la década de 1980.



REDES DE MEDIDA III: RED DE MAREÓGRAFOS (REDMAR)

- 39 estaciones tipo radar
- Lista para Tsunamis!
- Conexión a internet (GPRS-wifi-fibra óptica-ADSL), envío en tiempo real a Puertos del Estado.
- Parámetros: nivel del mar en todo el rango de frecuencias (2Hz,1m), parámetros agitación, sensores meteorológicos en algunas estaciones. Barómetro con resolución de 1 minuto (rissagas).
- 1 estación CGPS (Continuos GPS) en Ibiza. Referencia absoluta.
- Datos desde el año 1992.

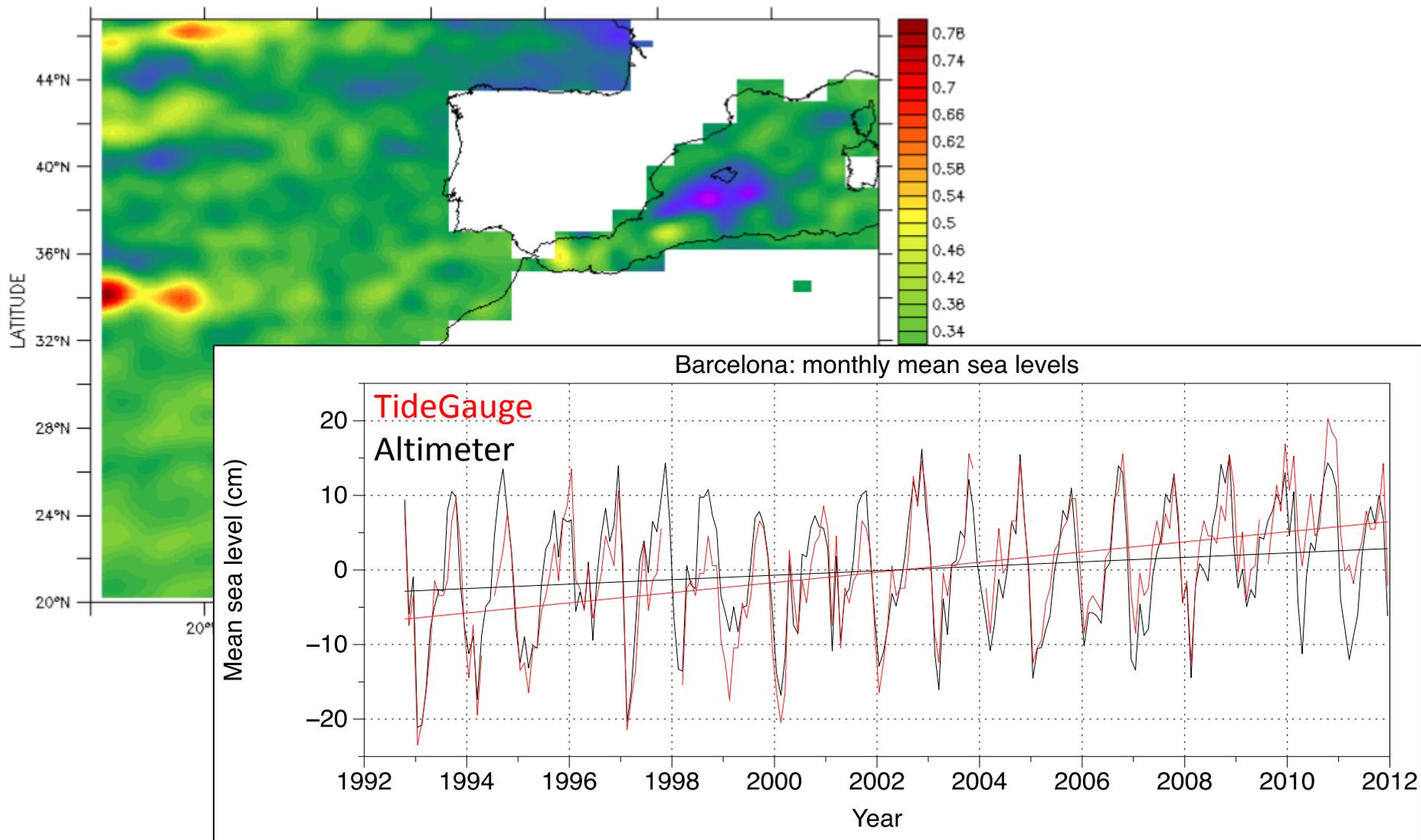


Observed mean sea level trends (REDMAR TG's: 1992-2013)



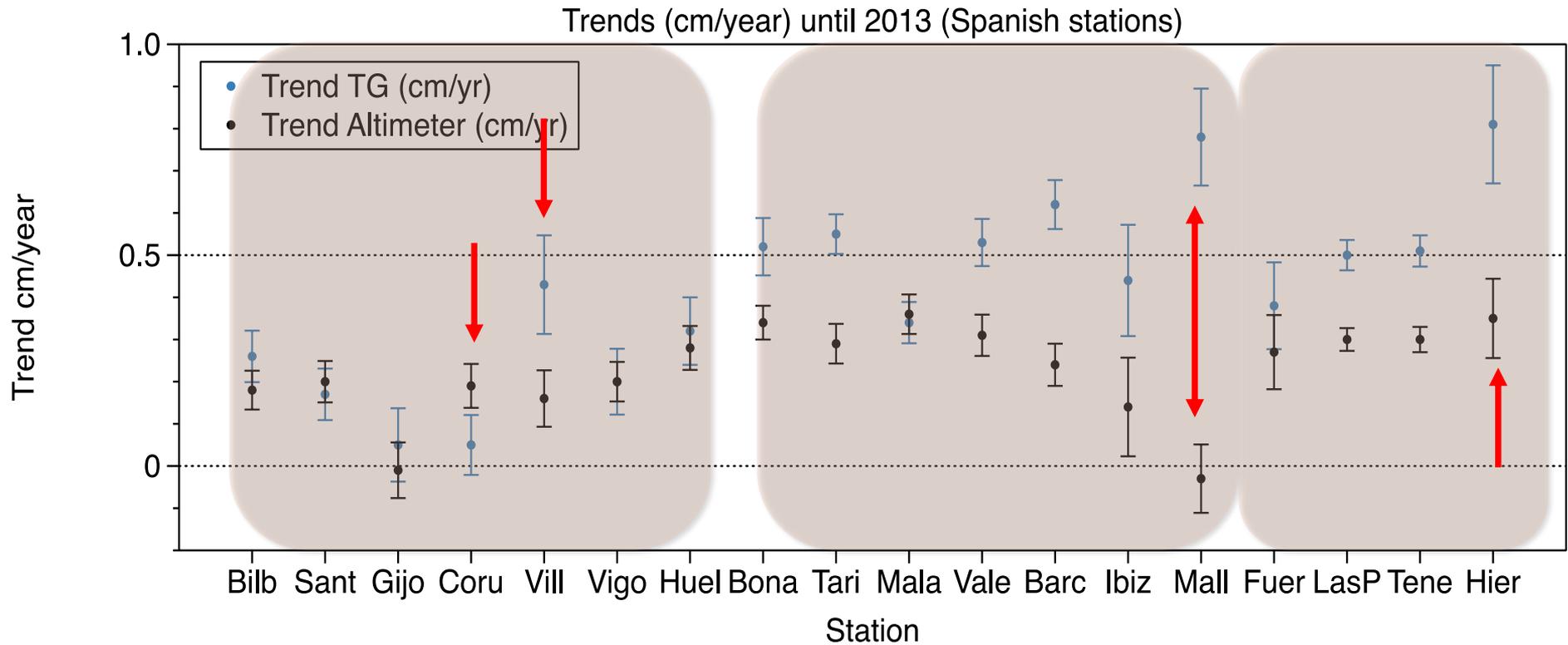
Observed mean sea level trends (REDMAR Vs Altimetro)

Sea level trends (cm/yr) from altimeter (1992-2013 monthly means):



Similar spatial variability, lower trend values

Observed mean sea level trends (REDMAR TG's vs altimetry)



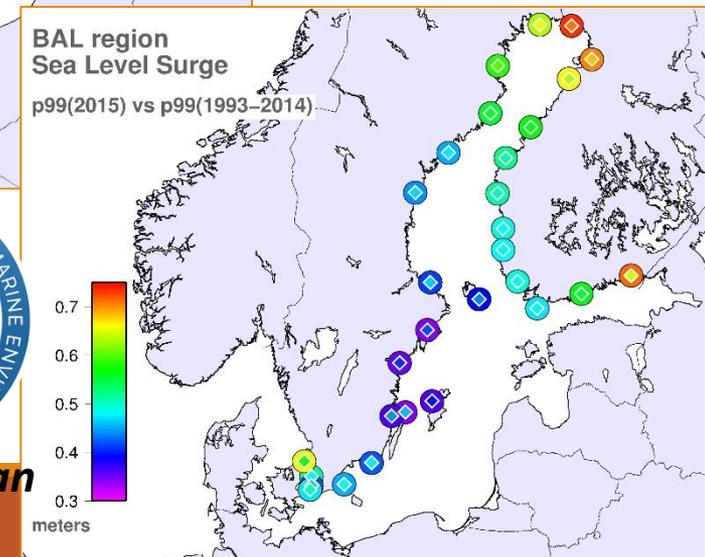
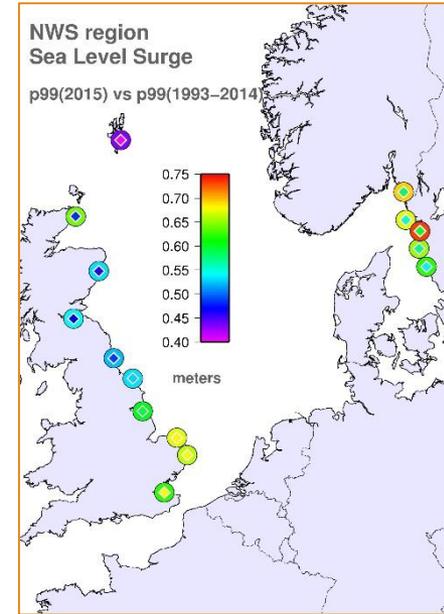
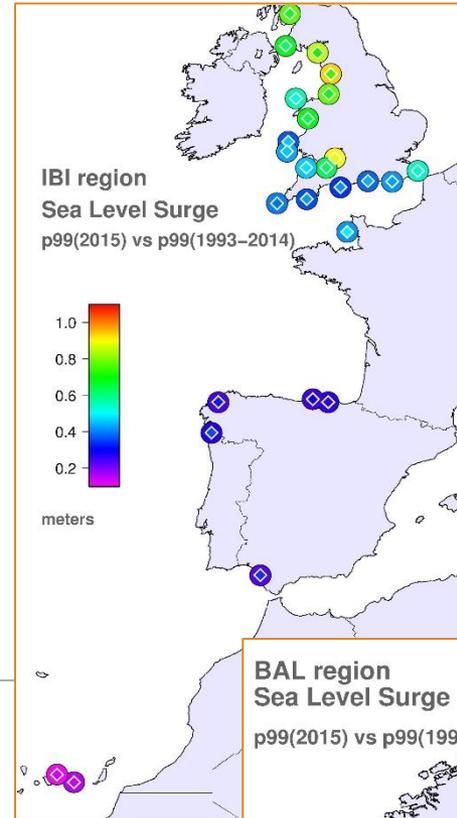
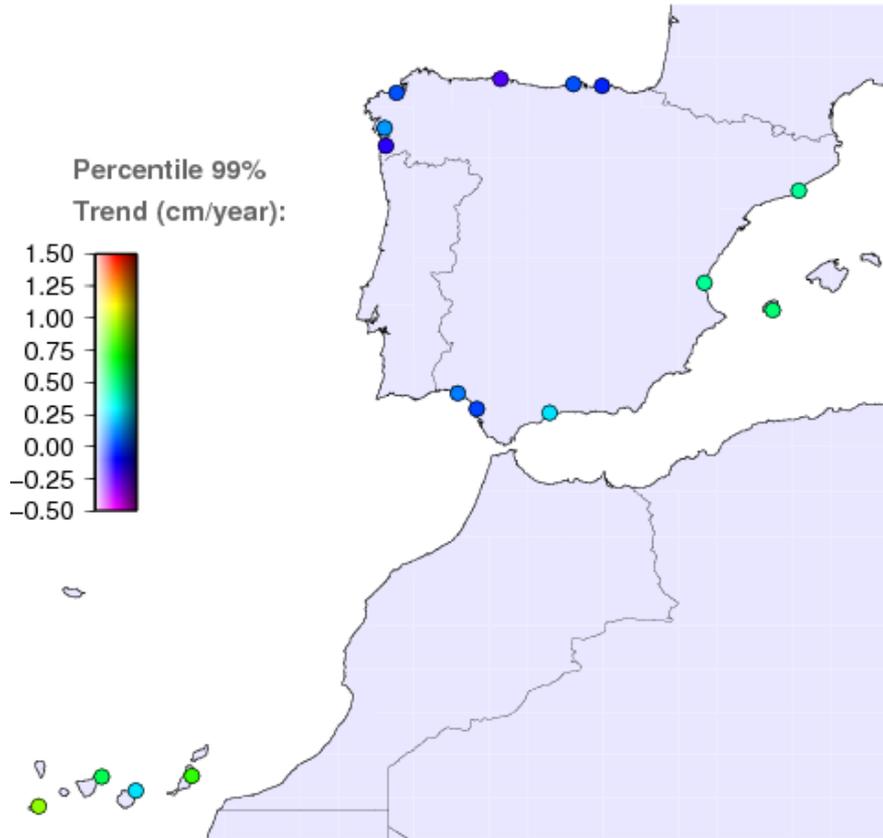
In the North Atlantic coast, similar trends

Significantly larger trends at TG for most of the stations in the Mediterranean and the Canary Islands (up to > 5 mm/yr).

- Enhanced sea level rise in the 90's in the Med. (Marcos and Tsimplis 2008), not in altimetry (under study)

Observed trends of extremes from REDMAR TG's (1992-2013)

Computation of annual percentiles and their trends (hourly levels) (99% and 1%):



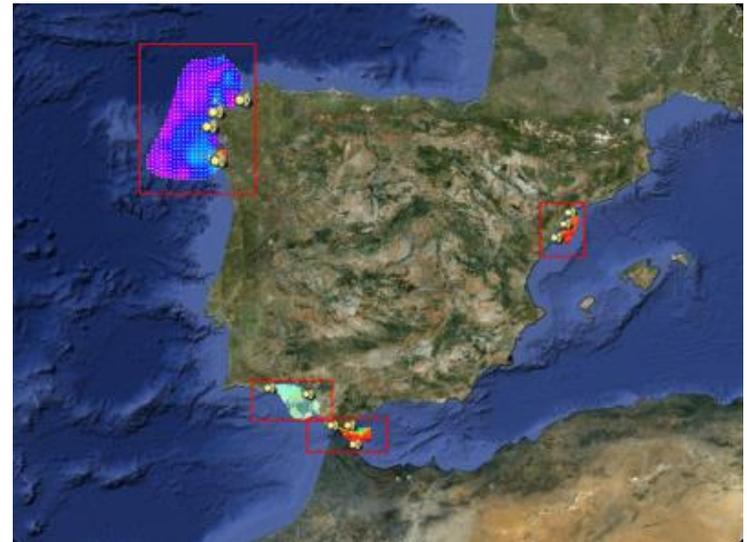
Almost null or even negative trends for Iberian-Atl coast,
Positive trends in the Canaries & Med (up to 0.6 cm/yr in Tenerife).



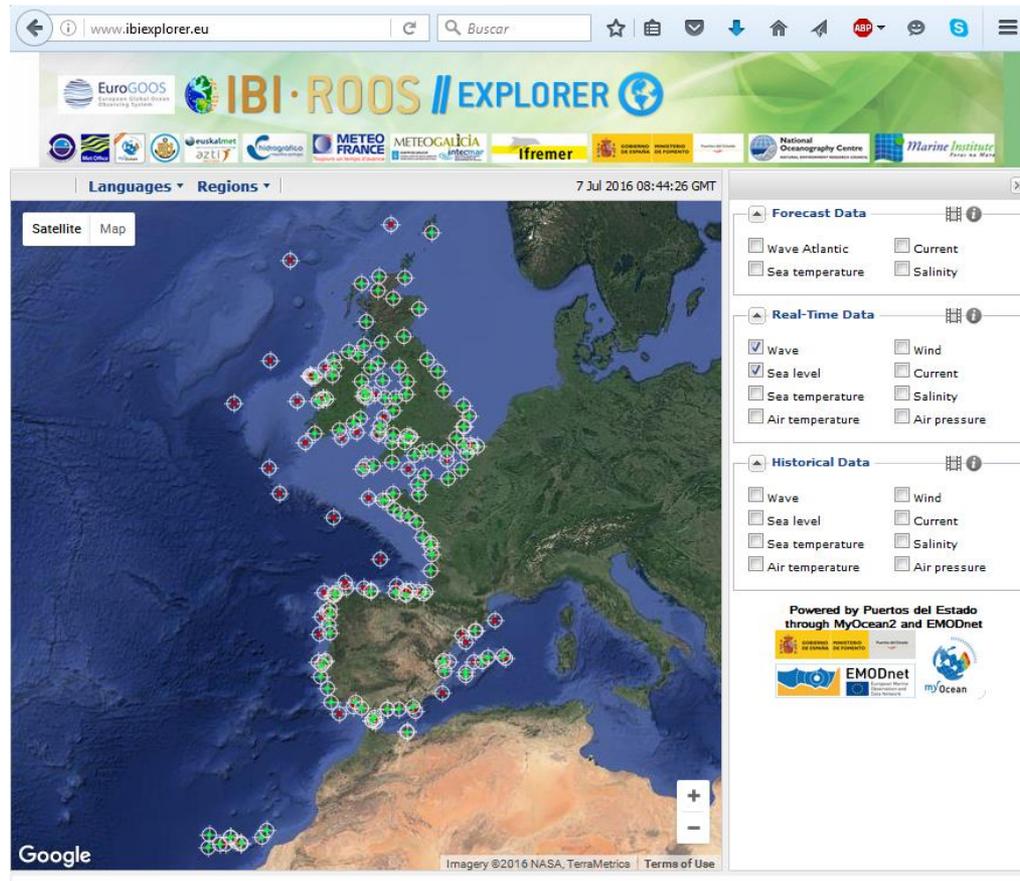
"CMEMS Ocean State Report"

REDES DE MEDIDA IV: RED DE RADARES DE ALTA FRECUENCIA

- 2 Sistemas de Puertos del Estado
- 2 sistemas más disponibles gracias a convenios con otras instituciones.
- Observaciones en tiempo real de corrientes superficiales a distancia: mapas de corrientes.
- Observaciones de oleaje.



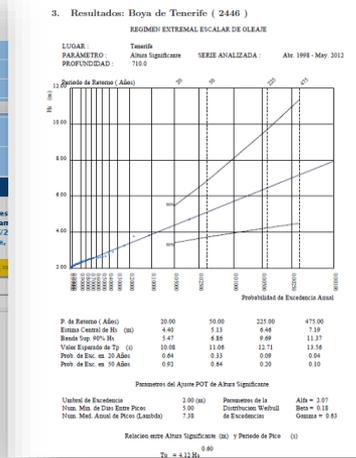
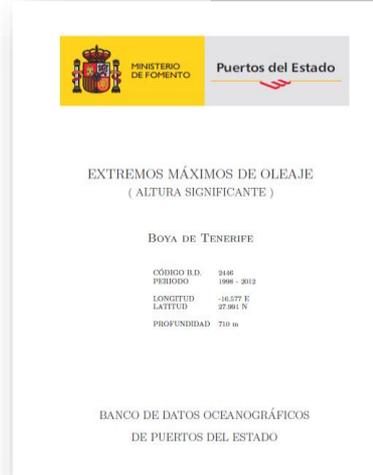
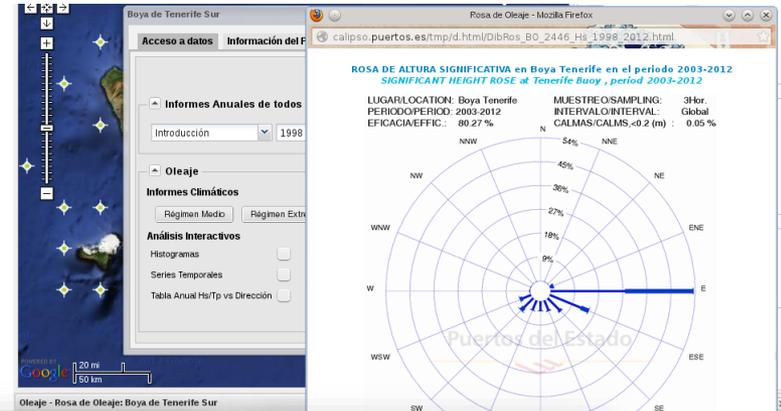
CMEMS IBI in-situ TAC



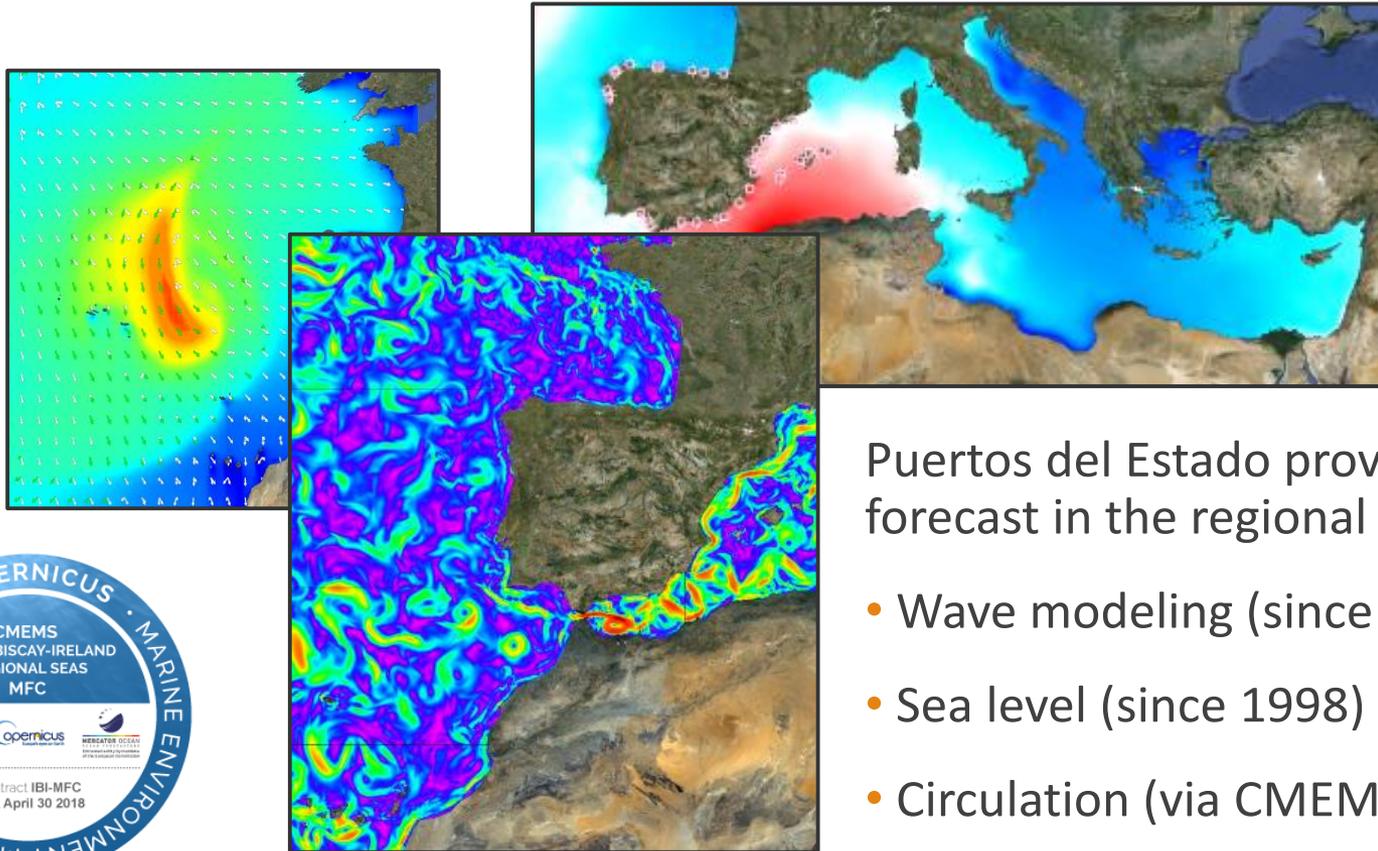
- 1124 sensores de 12 instituciones integrados en tiempo real!!!
- Todos los datos se reciben y controlan en Puertos del Estado e Ifremer

Puertos del Estado ocean climate information at portus.puertos.es

- ✓ Information of all systems + Hindcasts converge into the database
- ✓ Interactive tools to access information
- ✓ All kind of reports
- ✓ 400 raw data requests per year for science and engineering



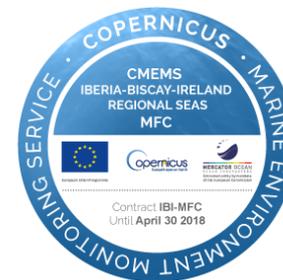
Puertos and CMEMS forecasting core regional service



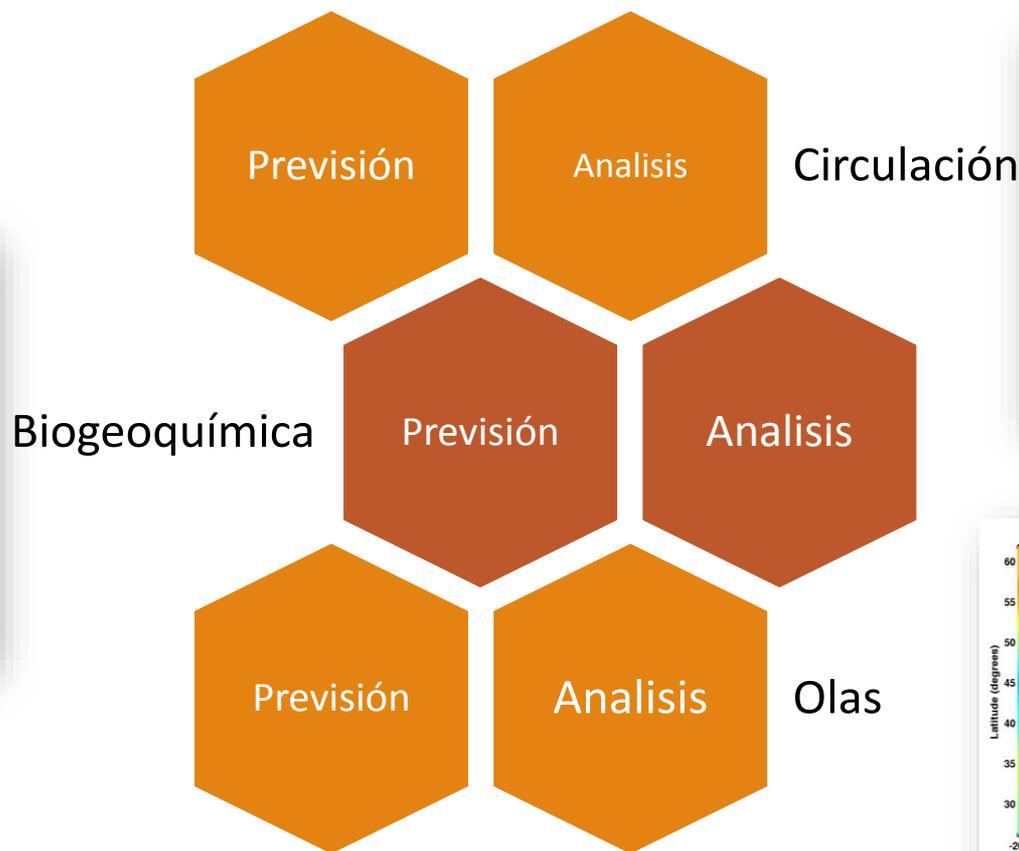
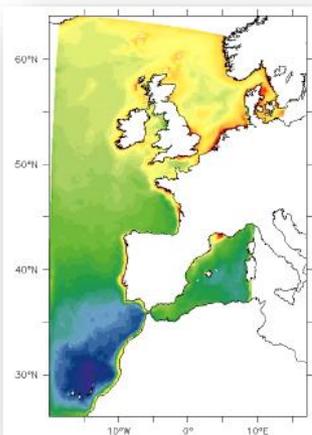
Puertos del Estado provides forecast in the regional service by:

- Wave modeling (since 1995)
- Sea level (since 1998)
- Circulation (via CMEMS)

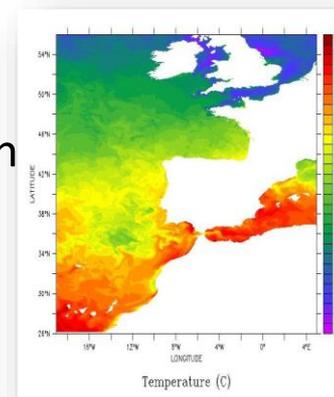
IBI-MFC: Descripción de modelos



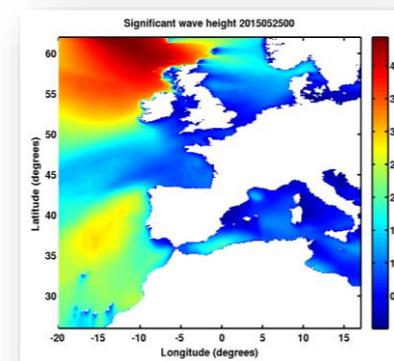
Pisces model



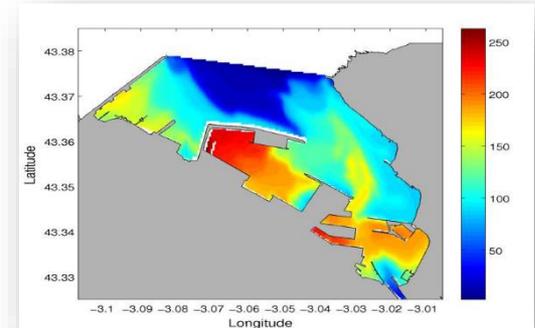
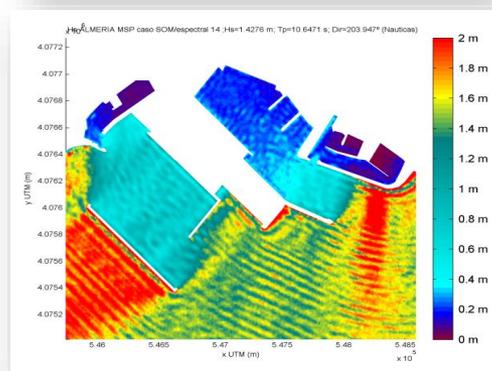
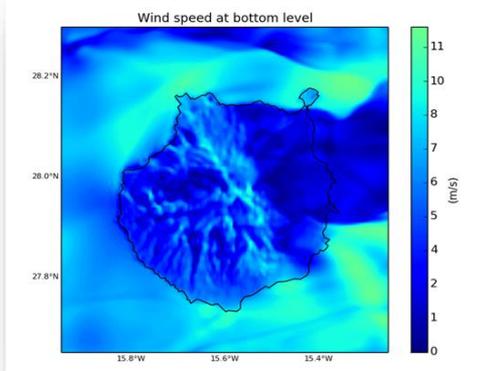
NEMO model



WAM model



Actividades de previsión numérica: 66 modelos costeros ejecutados a diario



- 10 modelos de alta resolución atmosférica (1 Km) (AEMET)

- 17 sistemas de alta resolución de oleaje (5 m) in 2 pasos:

- 11 Sistemas de alta resolución (50 m) in 2 pasos

Modelado climático en Puertos del Estado



1996

WASA Project:

- Hindcast Oleaje (1955-1994)
- Dominio Atlántico

2003

HIPOCAS (EU FP7):

- Hindcast (1958-2001) Atmosf + Olas + Nivel de mar (barotropico)
- Dominio: Mediterráneo y Atlántico Nororiental

2008

VANIMEDAT (Plan Nacional):

- Hindcast (1958-2001). Circulación (modelo baroclinico;
- Dominio: Mediterráneo y Atlántico Nororiental
- Modelo NEMO

2010

PLAYA DE PALMA (Autonómico / Baleares):

- Escenario A2 de modelo ARPÈGE (2001-2050)
- Dominio: Mediterráneo

2012

VANIMEDAT2 (Plan Nacional):

- Escenarios B1, A1B y B2 de modelo ARPÈGE (2001-2100)
- Dominio: Mediterráneo
- Modelo NEMO

2013

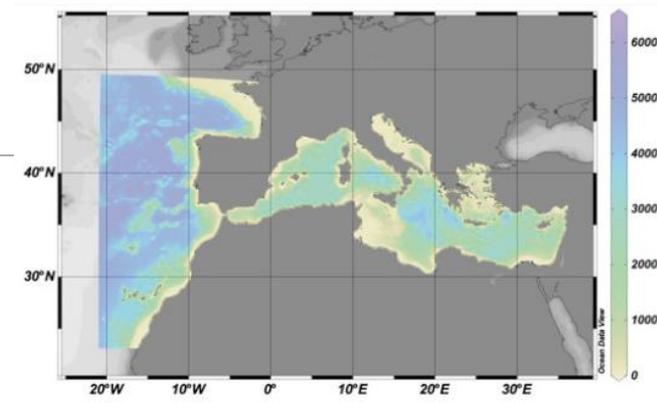
ESCENARIOS (Ministerio de Medio Ambiente + Fomento):

- Hindcast (1960-2000)
- Escenario A1B (forzaminetos:HadCM3-low y ECHAM5) (2001-2050)
- Dominio: Mediterráneo y Atlántico Nororiental

2014

IBI-MFC (Servicio Copernicus Marino –CMEMS-):

- Producto de Reanálisis (2002-2014). Previsión ampliación: (1992-2016)



Objetivos de los proyectos Vanimedat II y Escenarios

- **Entender la variabilidad climática** en las costas españolas observada 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 en nuestras costas
 - Entender los procesos que subyacen en los cambios proyectados
 - Ofrecer datos y productos derivados a gestores costeros, AAPP, e instituciones de cara a acometer estrategias de adaptación frente al cambio climático

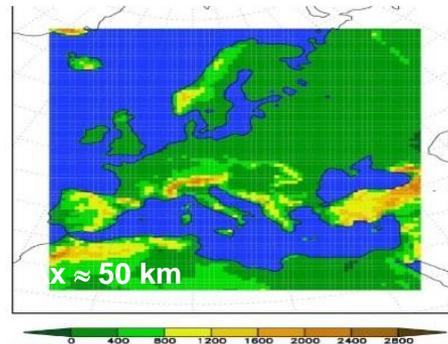
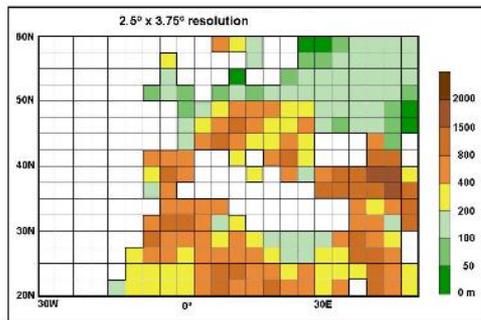
Marco del trabajo

Caracterización e impacto de:

- Oleaje
- Nivel del mar (total y residuo)
- Temperatura del agua
- Corrientes
- Salinidad

Ámbito temporal:

- Siglo XX
- Siglo XXI



Resolución espacial:

- Estudios regionalizados

Herramientas empleadas

- Modelo numéricos
- Datos in-situ (PdE)
- Datos de satélite

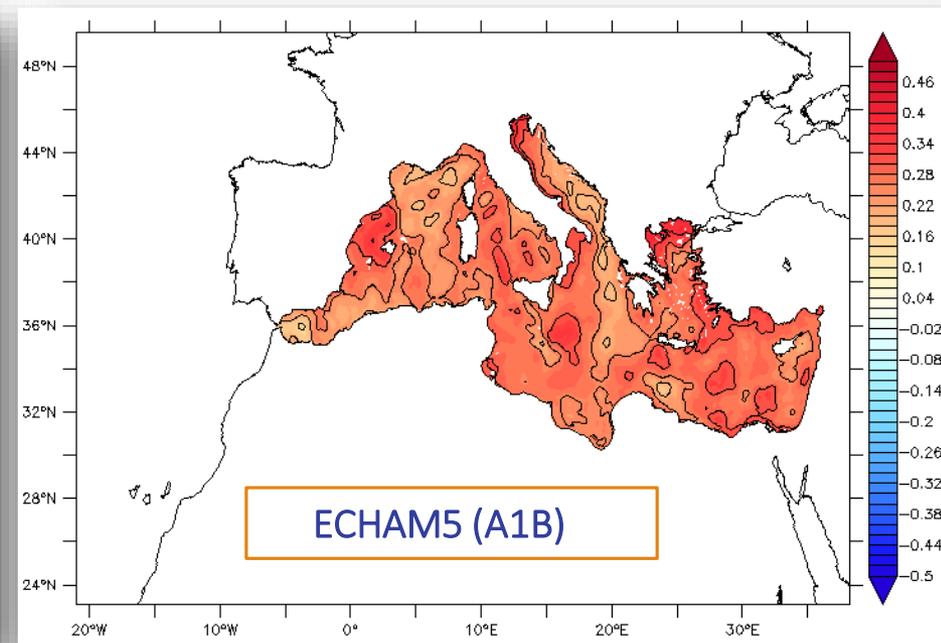
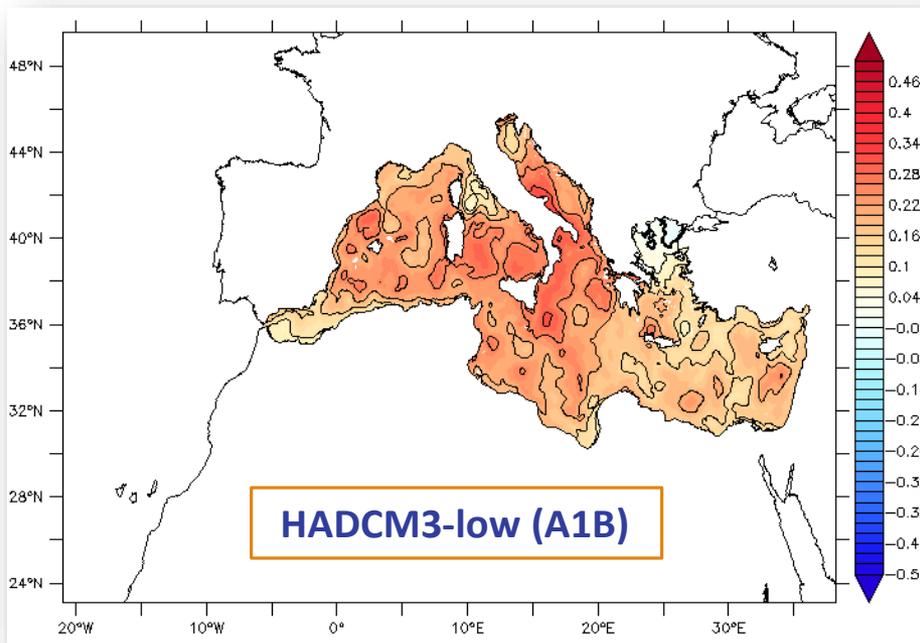
Análisis de incertidumbre:

- Diversos escenarios (AR4)
- Diversos forzamientos dentro de cada escenario

Proyecciones de SST:

(2000-2050) – (1950-2000)

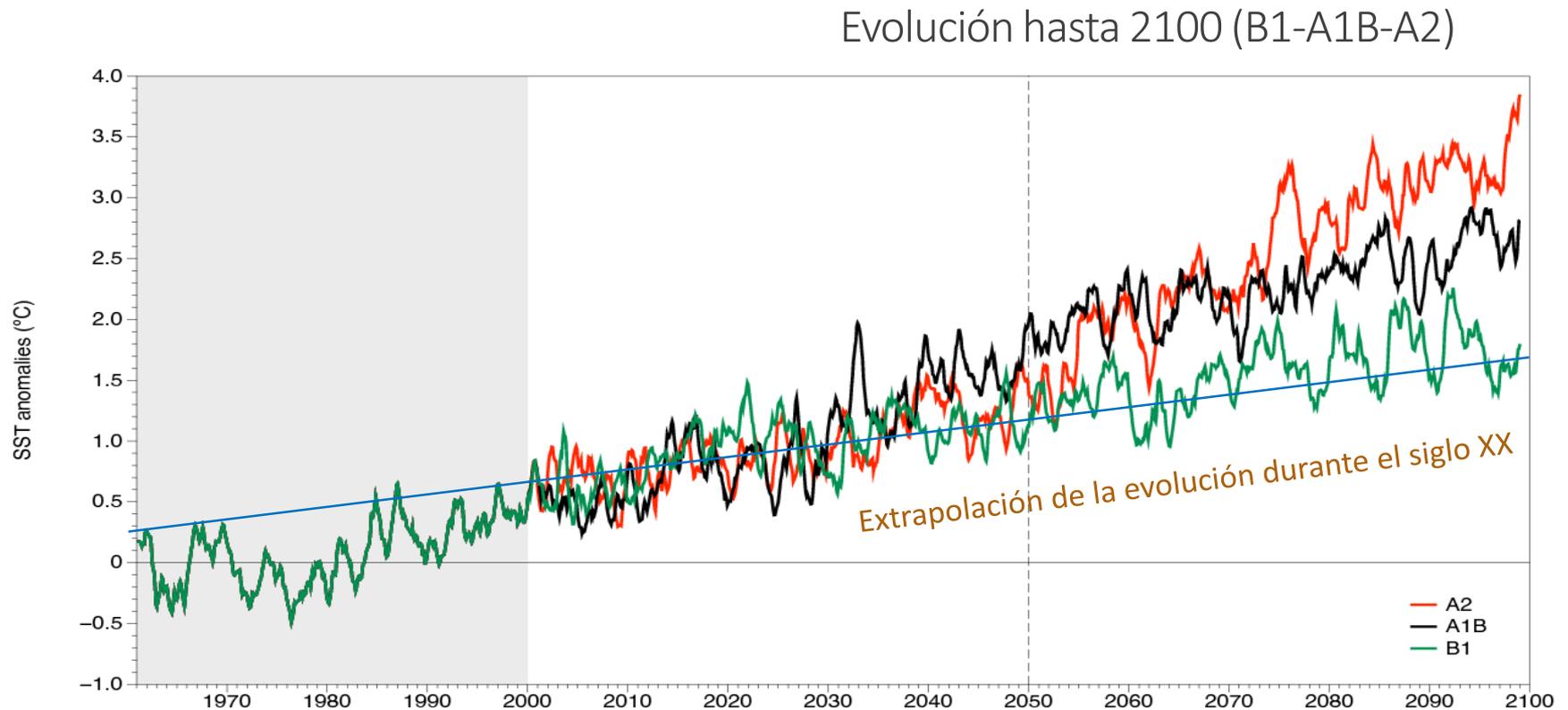
	Mar Cantábrico	Fachada atlántica	Golfo de Cádiz	Islas Canarias	Alborán y costa de Almería	Mar Catalano-Balear y Baleares
Variación de valor medio	Max: +0,9°C Min: +0,4°C	Max: +0,5°C Min: +0,1°C	Max: +0,8° Min: +0,3°	Max: +1,0°C Min: +0,3°C	Max: +0,6°C Min: +0,6°C	Max: +0,9°C Min: +0,5°C
Variación de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



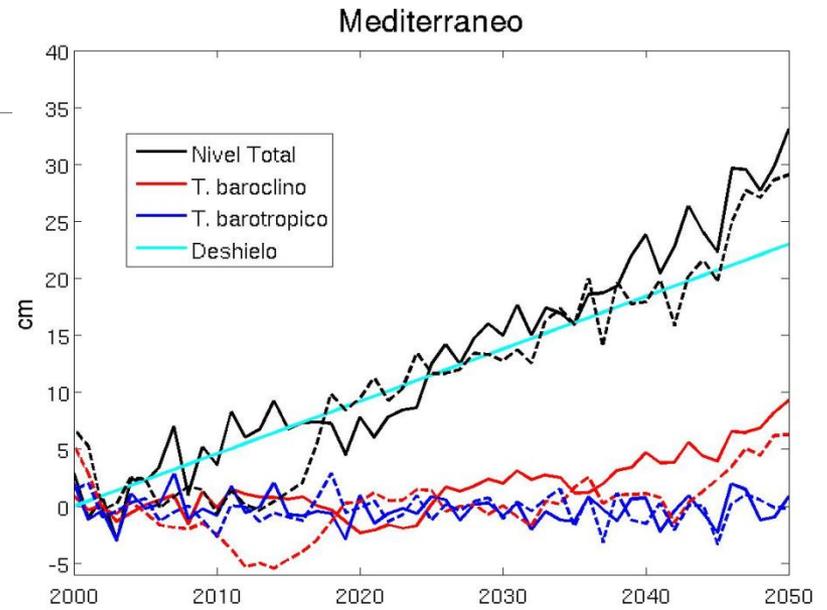
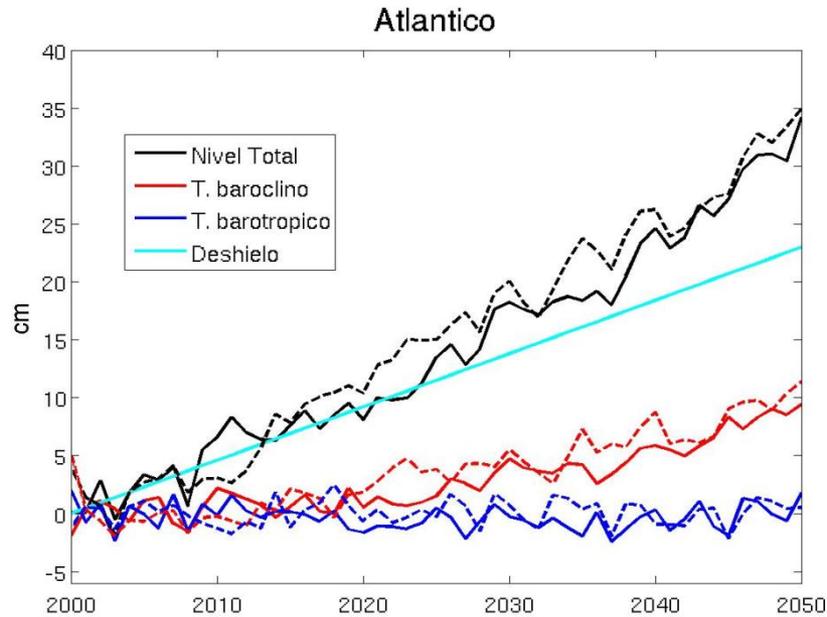
Tendencia de SST (en °C/década) en el Mediterráneo para el periodo 2000-2050

Proyecciones de SST:

Media de SST en la cuenca Mediterránea



Proyecciones de nivel del mar:



Incremento del nivel medio del mar (A2):

- Hasta 2050: entre 15 y 35 cm
- Hasta 2100: entre 45 y 80 cm

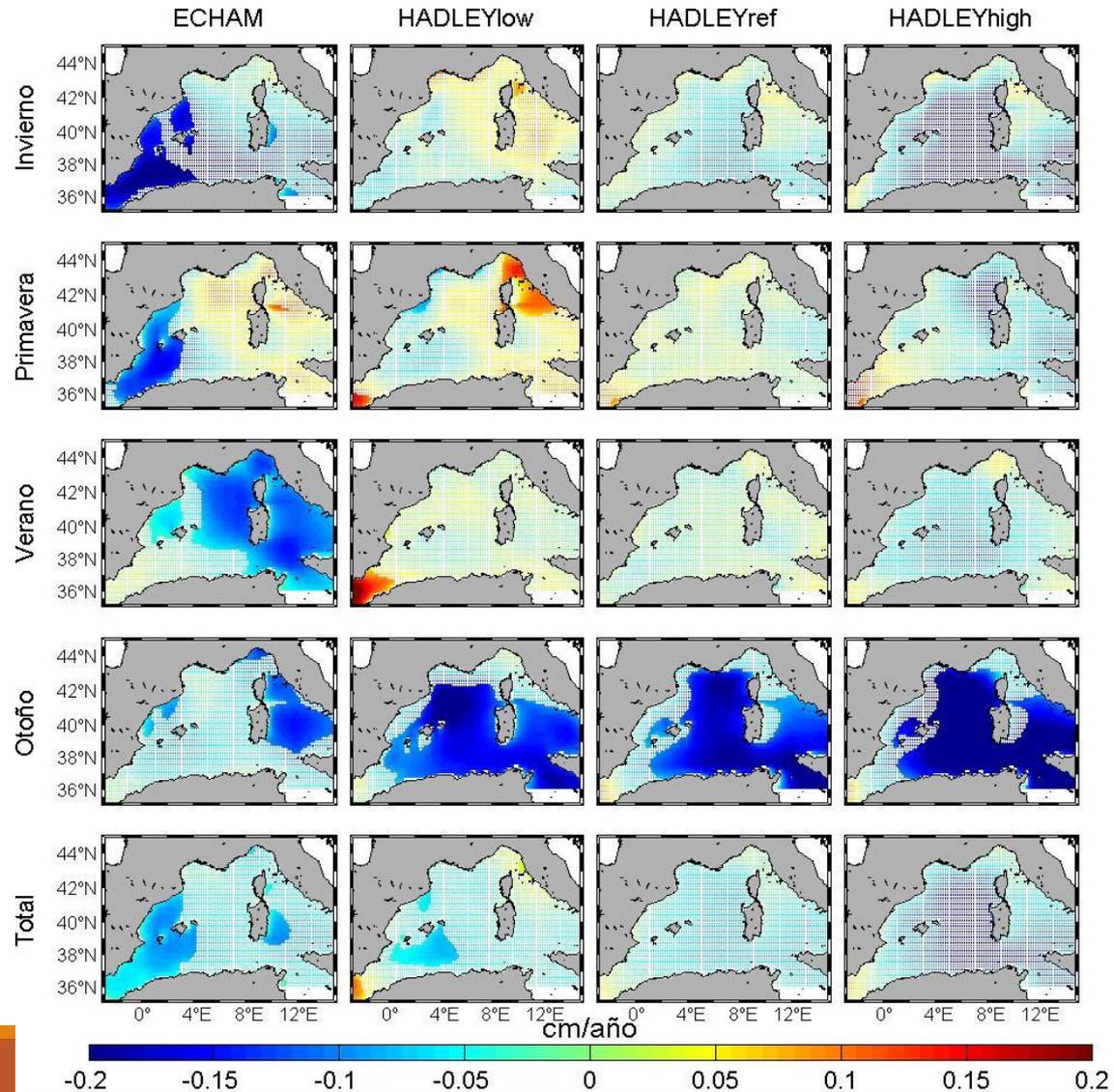
La magnitud total depende mucho de la contribución de los hielos.

La componente estéfrica por temperatura (baroclina) es la que aporta la variabilidad regional

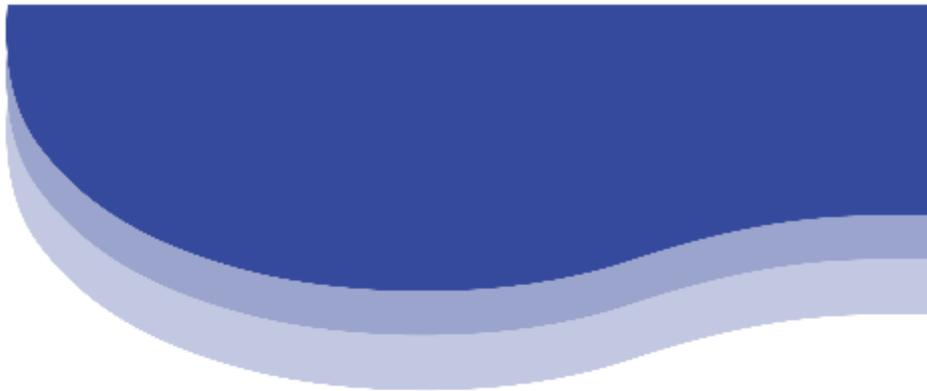
Proyecciones de oleaje

Tendencias estacionales y totales de Hs media para el siglo XXI (escenario A1B).

- Disminución de altura de ola significativa:
- De un 9% (como máximo) para el promedio anual
- Concentrada en otoño-invierno (-20%)
- Cerca de costa, los cambios proyectados son algo menores, al menos en valor absoluto.



zonas difuminadas corresponden a tendencias no significativas al nivel de confianza del 95%.



VULNERABILIDAD DE LOS PUERTOS ESPAÑOLES ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

*Vol. 1: Tendencias de variables físicas oceánicas
y atmosféricas durante las últimas décadas
y proyecciones para el siglo XXI*

Coordinadores
Damià Conis
Enrique Álvarez Fanjul

Puertos del Estado



Libro disponible con
todos estos resultados

http://www.adaptecca.es/sites/default/files/editor_documents/2016PuertosdelEstadoFINAL.pdf

Conclusiones

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

Conclusiones escenarios climáticos

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

CLIMPACT: OBJETIVOS CON RESPECTO A LOS PUERTOS

Meta

- Dotar al sistema portuario de criterios para adaptar la planificación, gestión y explotación de los puertos al Cambio Climático.

Objetivo

- Evaluar los impactos que los cambios en magnitud, frecuencia, duración y dirección de los agentes del medio físico derivados del Cambio Climático pueden generar sobre las instalaciones y actividades portuarias.

METODOLOGÍA ESPECÍFICA PARA LA VALIDACIÓN EN LOS PUERTOS PILOTO:

Fase 1

- Caracterización del entorno portuario (AOIs)

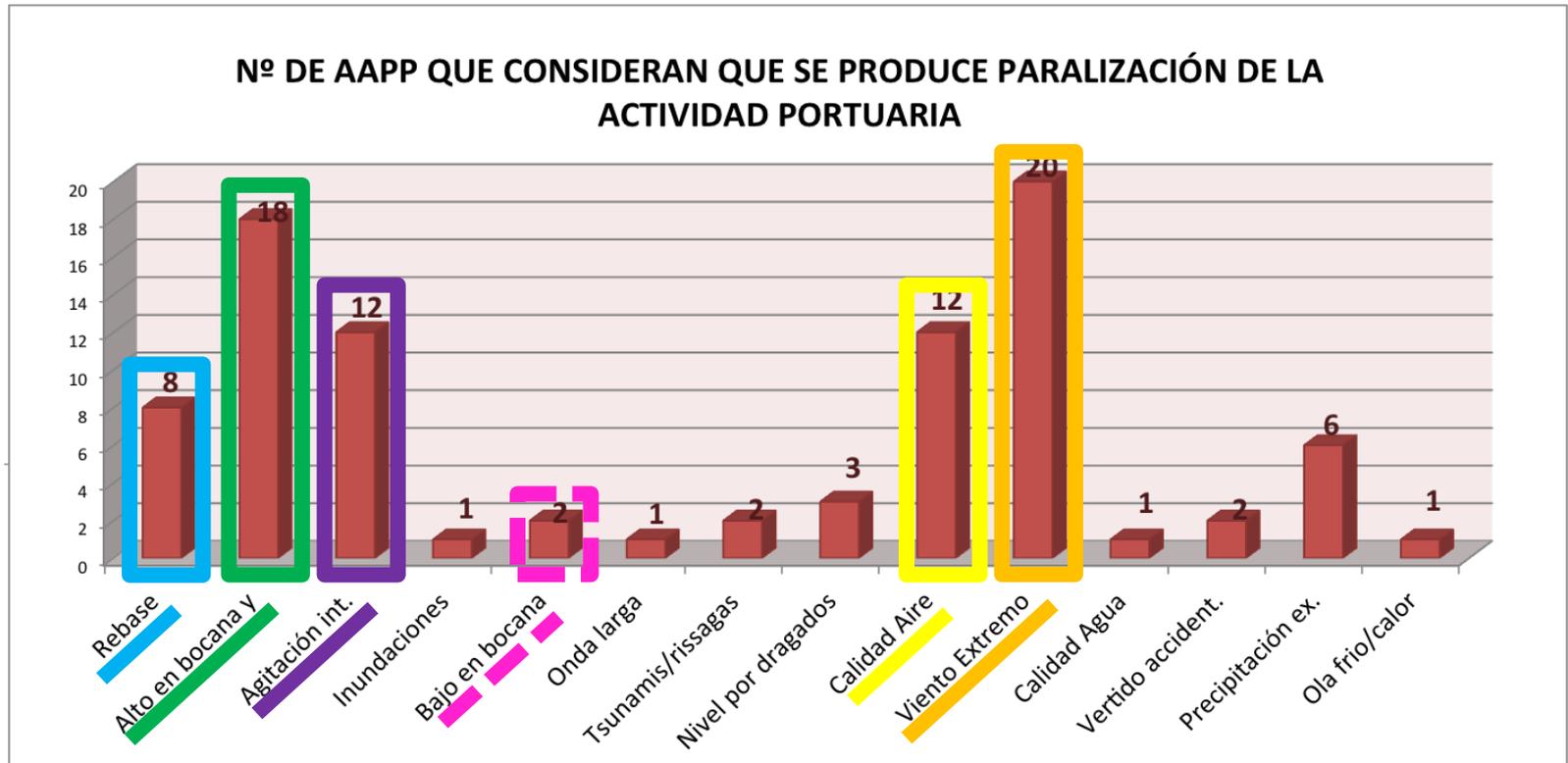
Fase 2

- Selección y caracterización de los agentes océano-meteorológicos en las AOIs. Simulaciones numéricas de los distintos escenarios de Cambio Climático

Fase 3

- Evaluación de la vulnerabilidad de la operativa portuaria (selección, formulación y evaluación de los modos de parada operativa)

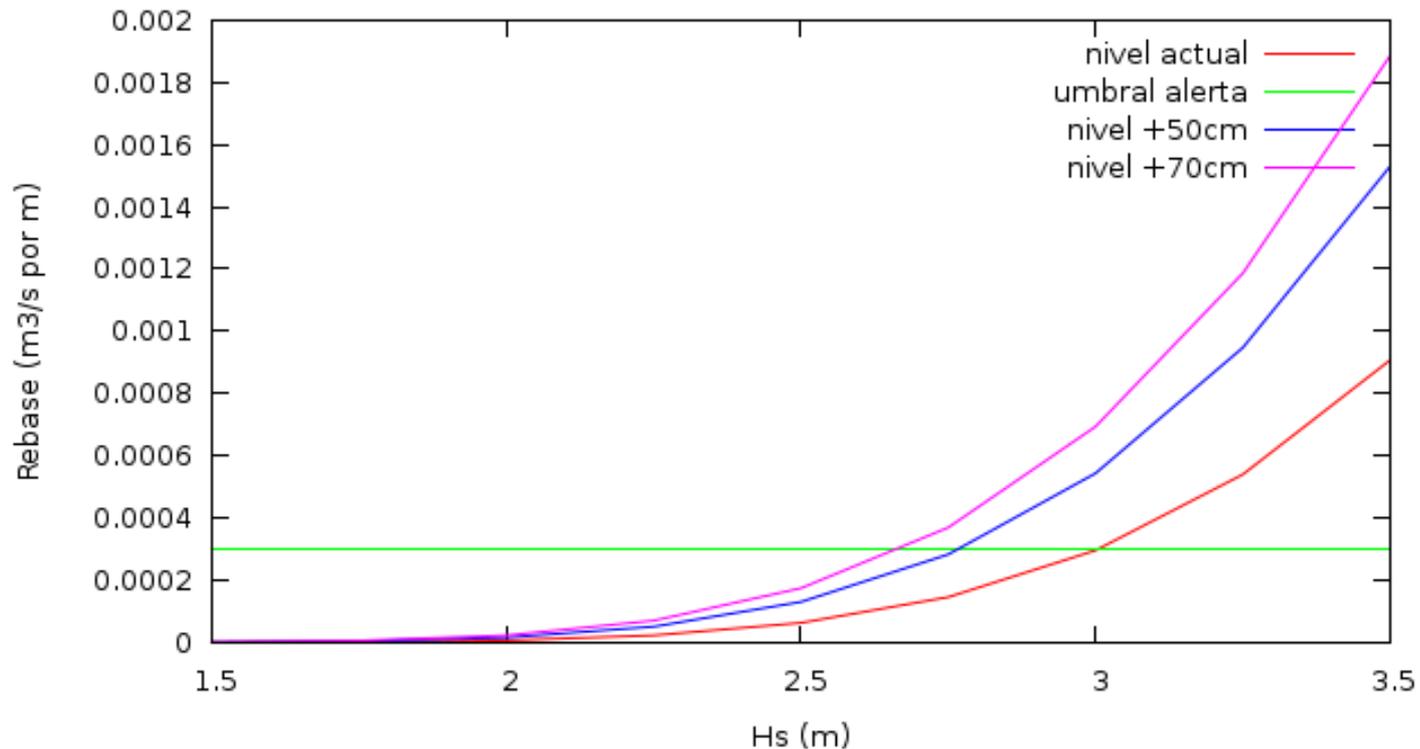
IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS



Ejemplo concreto de Impacto sobre los puertos

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

- Sistema de alerta operado por Puertos del Estado.
- A partir de un determinado nivel de rebase, se pone en marcha el plan de contingencia
- Al subir el nivel medio, cambia el rebase.



Conclusiones

- El cambio climático se está constatando en aguas españolas a través de las redes de medida de Puertos del Estado
- Los resultados de las medidas son consistentes con los modelos numéricos desarrollados en los últimos años: las variables que mayor cambio sufren son temperatura superficial del agua y nivel del mar
- Algunos impactos en los Puertos están claros desde un punto de vista cualitativo: mayor rebase, más peligro por averías, problemas en la operatividad, etc...
- Se está poniendo a punto una metodología para que esta descripción de los cambios sea también cuantitativa.