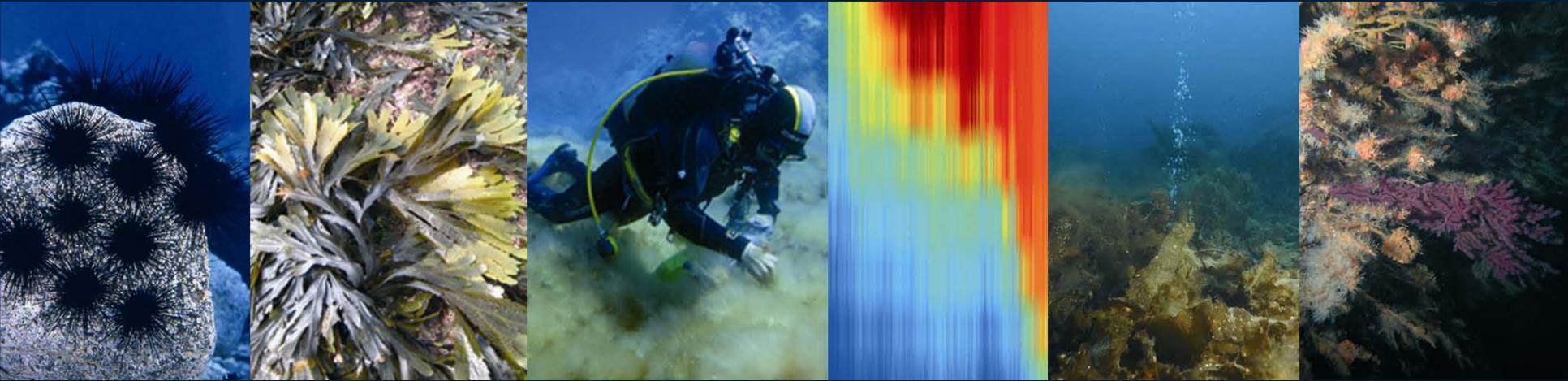


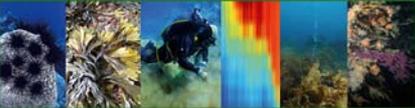
# CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MEDIO MARINO ESPAÑOL: IMPACTOS, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN



Diego K. Kersting



Presentación del informe  
**Cambio climático en el medio marino español:  
impactos, vulnerabilidad y adaptación**



La Oficina Española de Cambio Climático tiene el placer de invitarle a la jornada de presentación del informe Cambio climático en el medio marino español: impactos, vulnerabilidad y adaptación.

**Fecha y lugar de celebración:**  
19 de mayo 2016  
Luz de Noia  
Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente  
Plaza San Barn de la Cruz, 4/5  
Madrid

**Se ruega confirmación en:**  
inscripciones@fundacion-biodiversidad.es  
(indicar nombre, DNI, entidad, contacto)

Fundación Biodiversidad | José Antonio, 4 - 28002 Madrid (España) - 34 91 12 00 20

Dr. Diego Kersting  
Marine Science Consultant



diegokersting@gmail.com

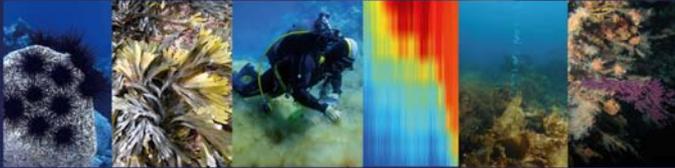


# OBJETIVOS



## CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MEDIO MARINO ESPAÑOL: IMPACTOS, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN

PNACC  
Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático



Diego K. Kersting



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

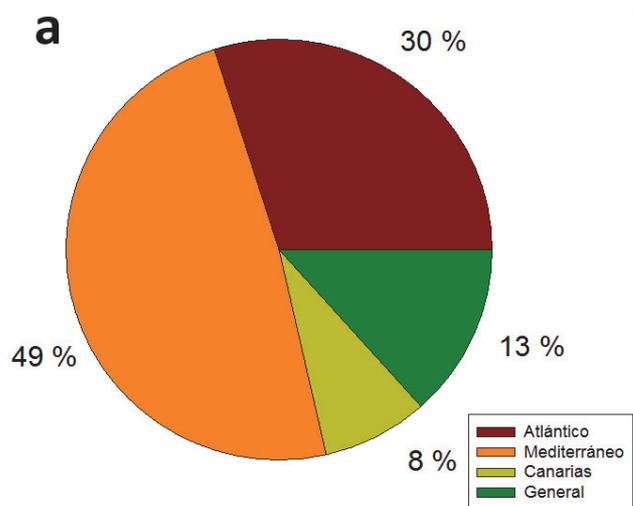
- Recopilación y revisión de la información existente
- Redacción de un informe riguroso pero accesible

# RECOPILACIÓN

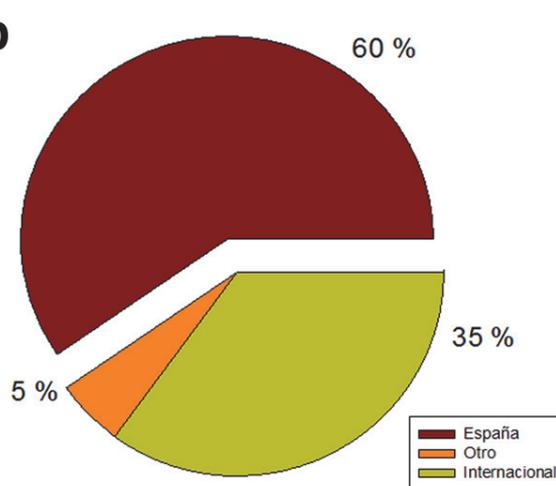
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
author	year	title	region	indicator	estresor 1	estresor 2	Indicadores indice												
1	2006	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	2006	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
4	2007	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
5	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
6	2004	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
7	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
8	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
9	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
11	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
12	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
13	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
14	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
15	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
16	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
17	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
18	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
19	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
20	2005	...	Atlántico	T	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

461 trabajos consultados

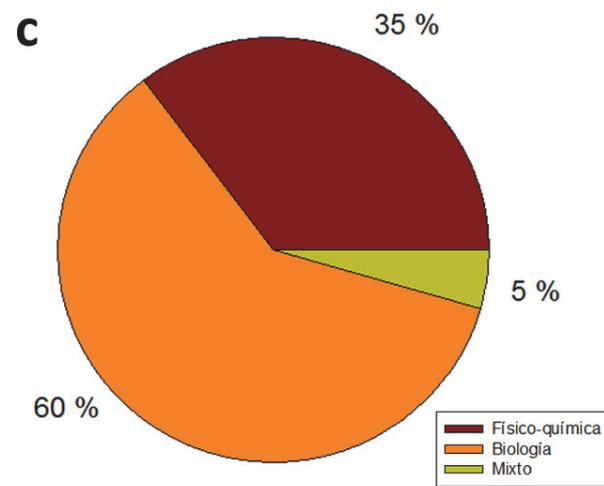
Región marina



País



Temática



## INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS

- Temperatura y salinidad
- Concentración de CO<sub>2</sub> y pH
- Nivel del mar
- Circulación y oleaje
- Capa de mezcla, estratificación y nutrientes
- Eventos extremos

## IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

- Episodios de mortandad masiva
- Cambios en la distribución de las especies
- Cambios en la abundancia de especies clave
- Producción primaria y secundaria
- Cambios fenológicos
- Pérdida de biodiversidad y diversidad genética
- Efectos potenciales de la acidificación
- Otros efectos subletales y sinergias

# EVIDENCIAS DE CAMBIOS Y EFECTOS

## A nivel físico-químico

Aumento de la temperatura

Acidificación

Cambios en la circulación oceánica

Cambios en la formación de masas de agua

Aumento de la estratificación

Cambios en los afloramientos

Cambios en la intensidad del oleaje

## A nivel biológico

Mortandades masivas

Cambios en la distribución de especies

Disminución de la producción primaria

Menor capacidad de absorción de CO<sub>2</sub>

Declive de especies estructurantes

Cambios fenológicos

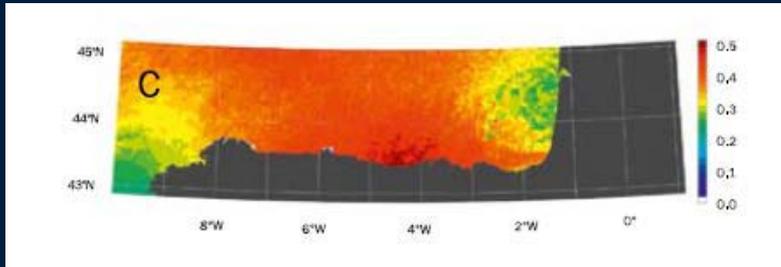
Pérdida generalizada de biodiversidad

# ESTRUCTURA

- **Especies y hábitats vulnerables al cambio climático**
- **Proyecciones y escenarios**
- **Medidas de adaptación**
- **Lagunas de conocimiento y propuestas de seguimiento**
- **Programas de seguimiento**
- **Referencias y bibliografía de consulta**

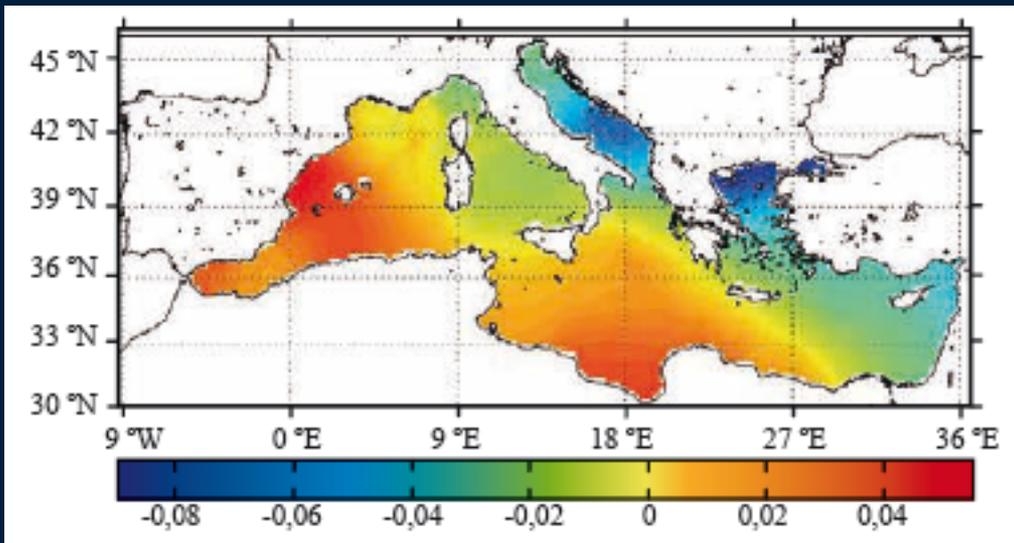
# INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS

Calentamiento de la temperatura superficial del agua entre 0,2 y 0,7 °C década<sup>-1</sup>



Incremento de la temperatura máxima del agua superficial entre 1985 y 2006 (°C década<sup>-1</sup>)

González-Taboada y Anadón (2008)

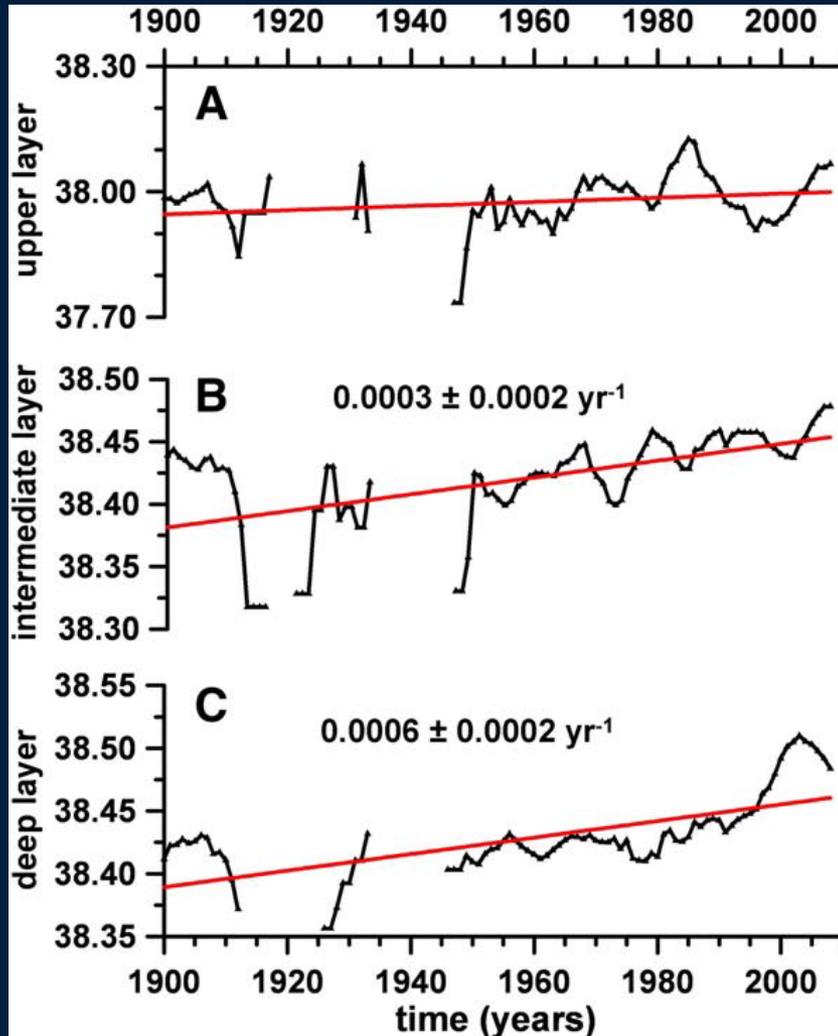


Tendencias de la temperatura del agua superficial (°C año<sup>-1</sup>) para el periodo 1945-2000

Gomis et al. (2012)

# INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS

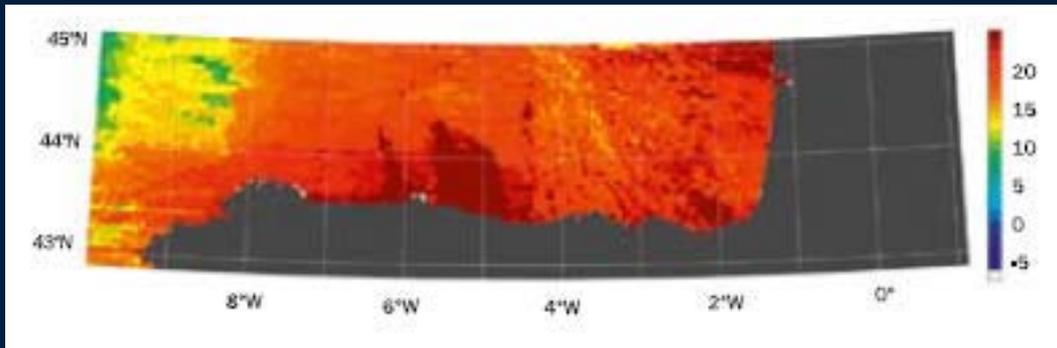
## Aumento de la salinidad en aguas intermedias y profundas



Mediterráneo. Salinidad capa superficial (0-200 m), intermedia (200-600 m) y profunda (600-fondo).

# INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS

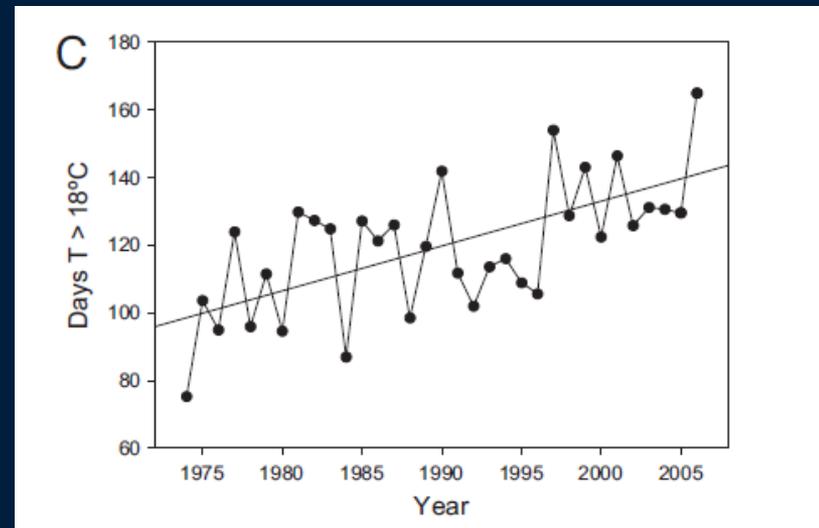
## Aumento de la estratificación en aguas superficiales



Anadón y Roqueñi (2009)

Mediterráneo. Aumento de la estratificación que se traduce en una prolongación de hasta un 40 % de las condiciones estivales

Aumento del período de estratificación en días por década en el mar Cantábrico



Coma et al. (2009)

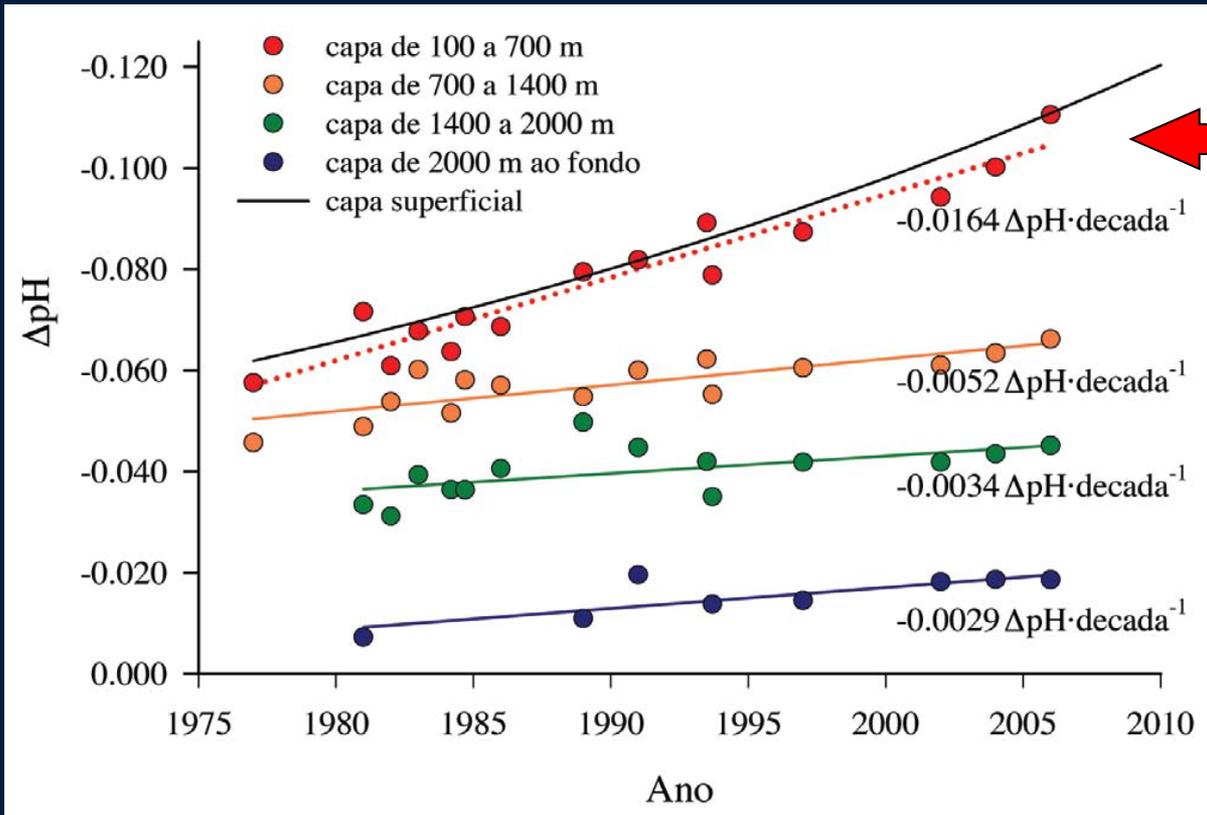
# INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS

## Cambios en la formación de agua profunda en el Mediterráneo noroccidental



# INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS

Descenso del pH ~0,1 unidades durante el último siglo



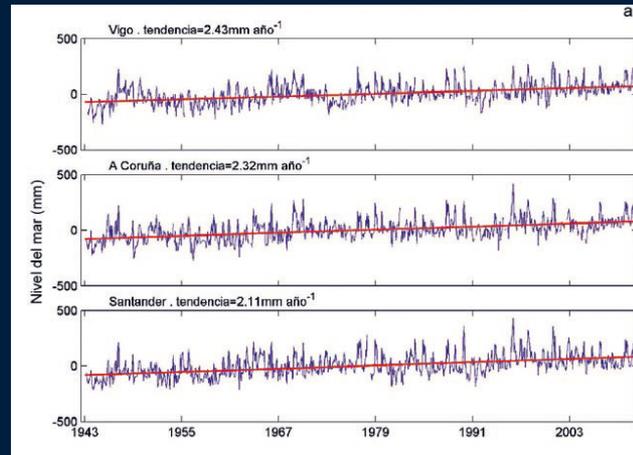
Castro et al. (2009)

Evolución temporal de los valores medios de variación de pH en distintas capas oceánicas del Atlántico norte

# INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS

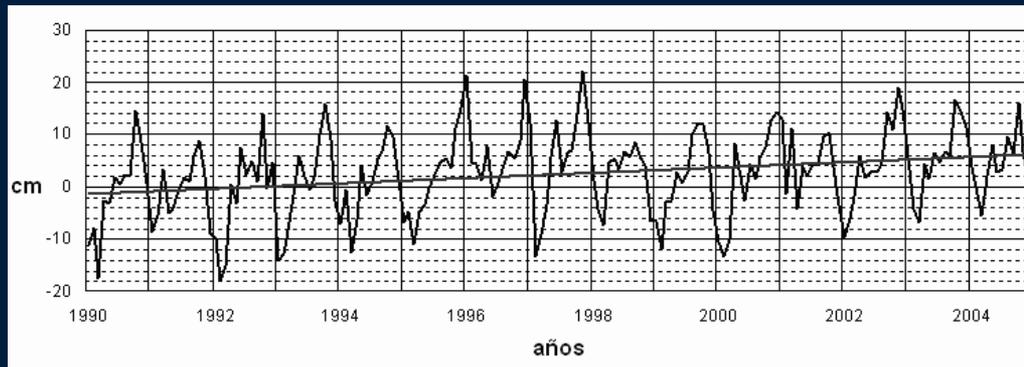
## Variación del nivel del mar

Atlántico: aumento de 1-2 mm año<sup>-1</sup> durante el s. XX y 4-8 mm año<sup>-1</sup> a partir de los años 90



Bode et al. (2012)

Mediterráneo: tendencias negativas entre los años 60 y 90 (NAO, ascenso anómalo presión atm.), y aumento de 2-10 mm año<sup>-1</sup> a partir de los 90



Salat y Pascual (2006)

# INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS

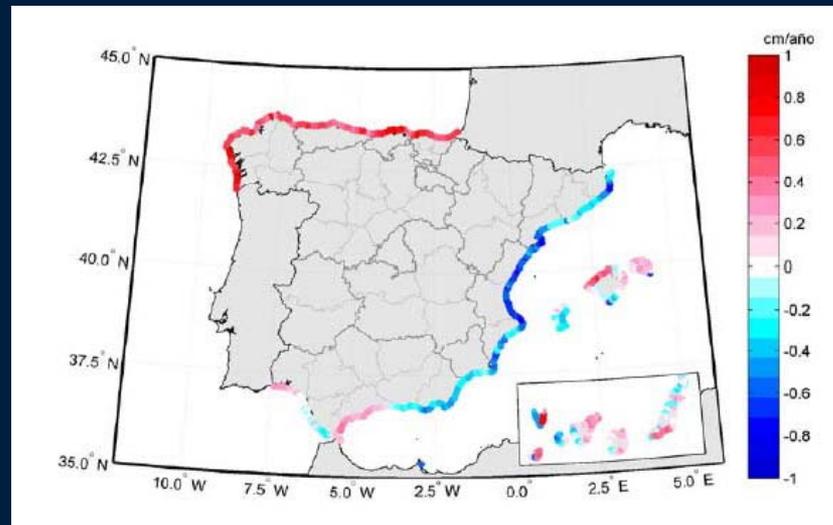
## Afloramientos

Debilitamiento en los afloramientos del noroeste peninsular e intensificación en el suroeste.

No se detectan tendencias significativas en el afloramiento de la Corriente de Canarias.

## Oleaje

Aumento en intensidad en el Atlántico peninsular y norte de Canarias y ligera disminución en el Mediterráneo y sur de Canarias.



Losada et al. (2014)

# IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

## Mortandades masivas



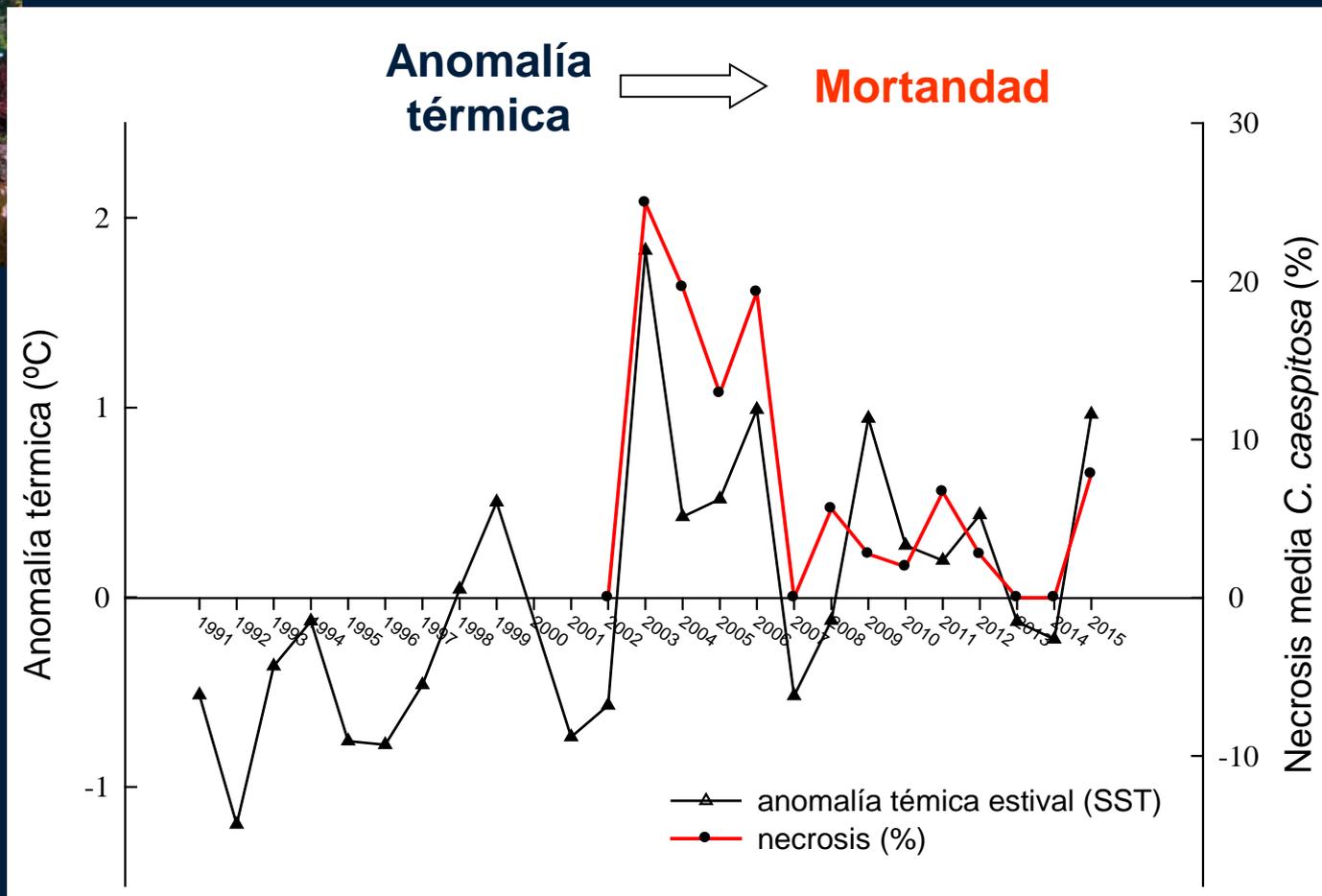
*Paramuricea clavata*

*Cladocora caespitosa*

# IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

## Mortandades masivas

*Cladocora caespitosa*



Completado de Kersting et al. (2013)

# IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

## Mortandades masivas y aumento de tasas de mortalidad

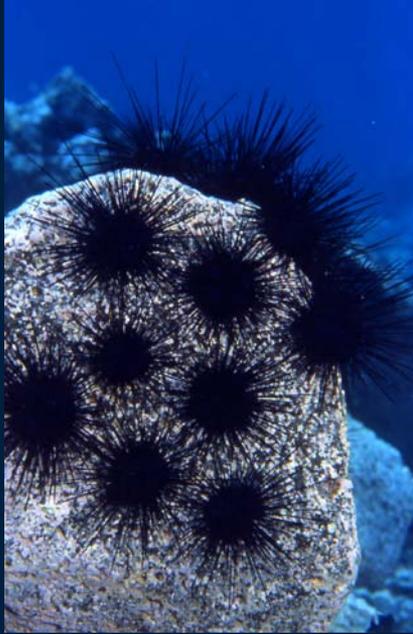


Foto: J. C. Hernández

*Diadema africanum*



Foto: E. Ballesteros

*Posidonia oceanica*

# IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

## Cambios biogeográficos: regresión de los bosques de algas



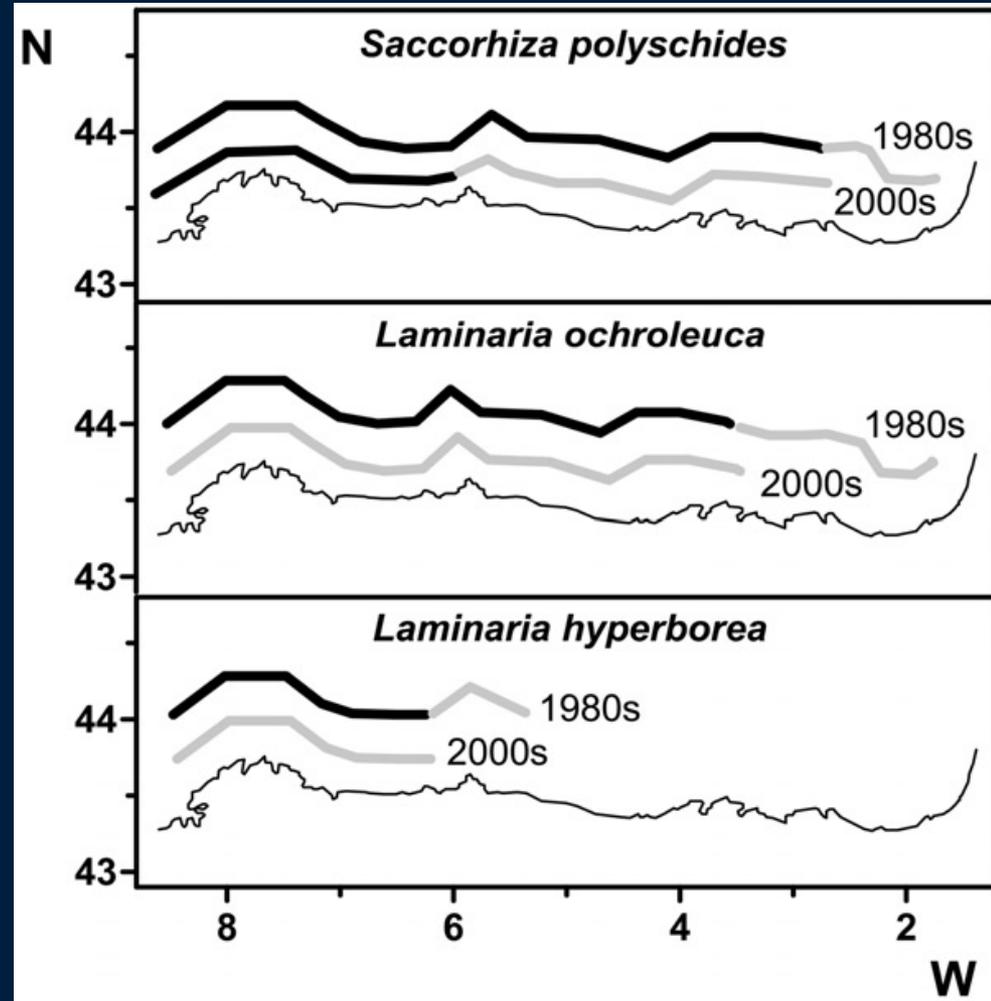
Foto: R. M. Viejo

*Fucus serratus*



Foto: R. Haroun

*Cystoseira abies-marina*

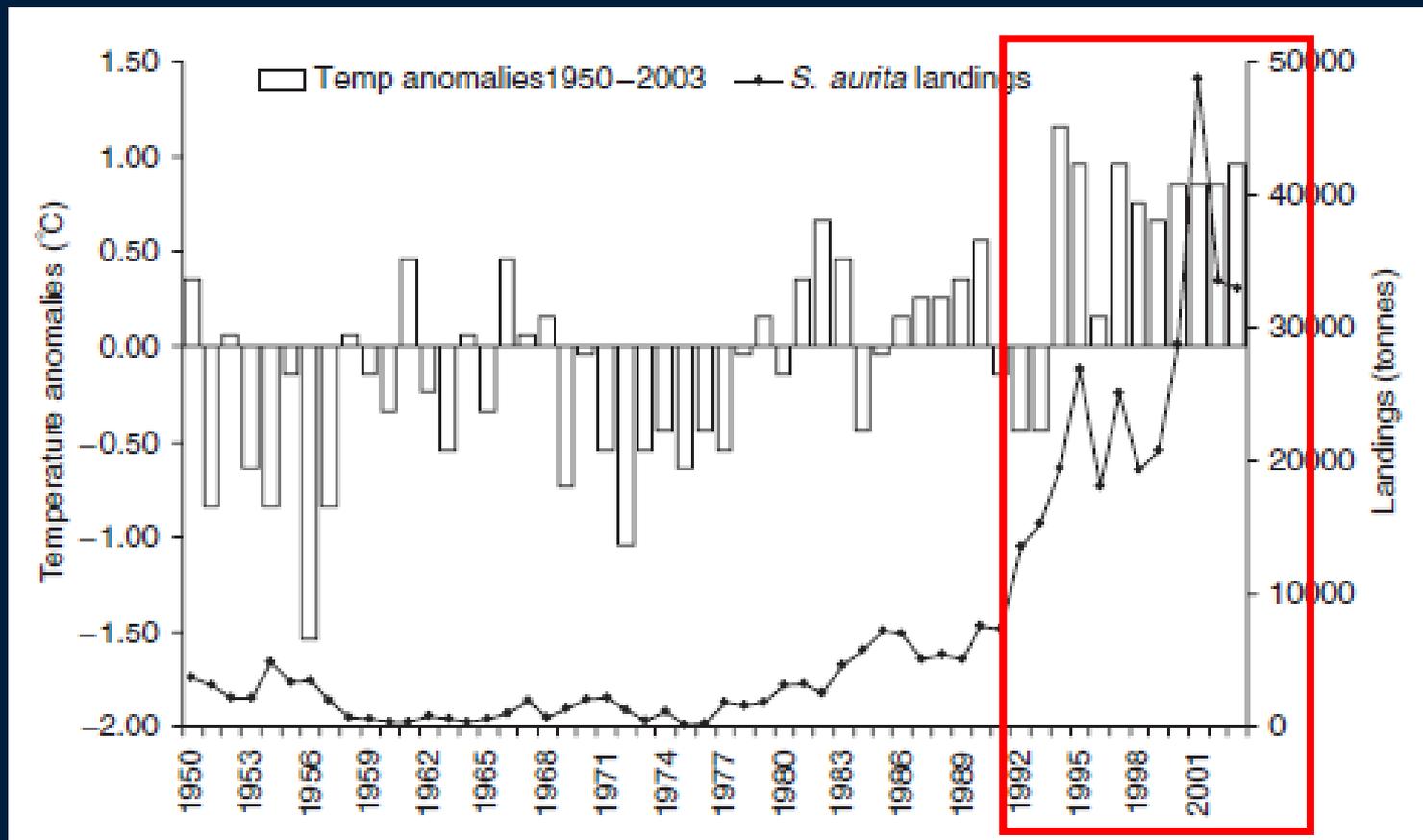


Fernández et al. (2011)

# IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

## Cambios biogeográficos: otros ejemplos

Alacha (*Sardinella aurita*) vs. sardina (*Sardina pilchardus*) y anchoa (*Engraulis encrasicolus*)



# IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

## Especies invasoras



*Lophocladia lallemandii*

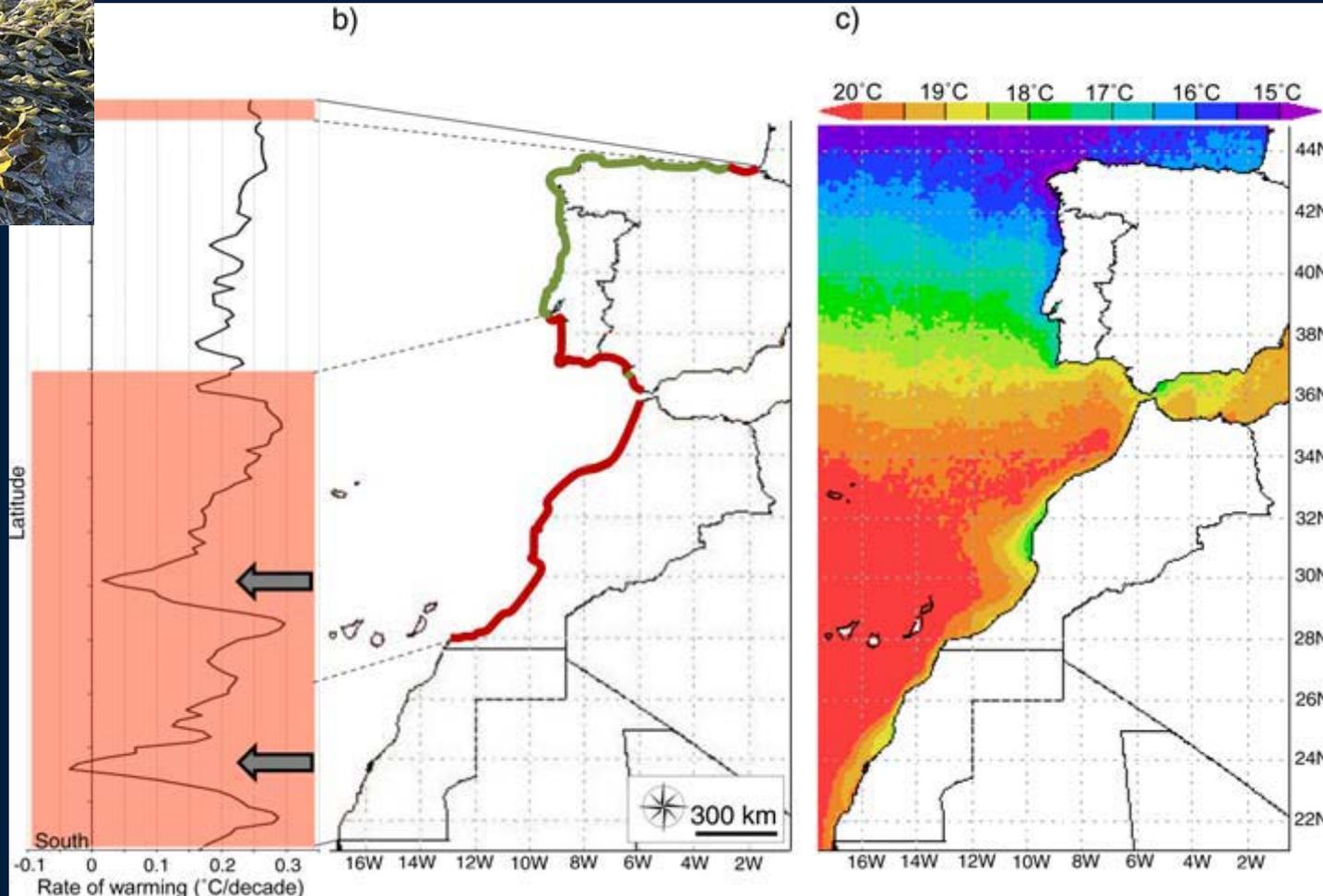


Foto: C. Sangli

*Pseudotetraspora marina*

# IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

## Pérdida de biodiversidad y diversidad genética



Nicastro et al. (2013)

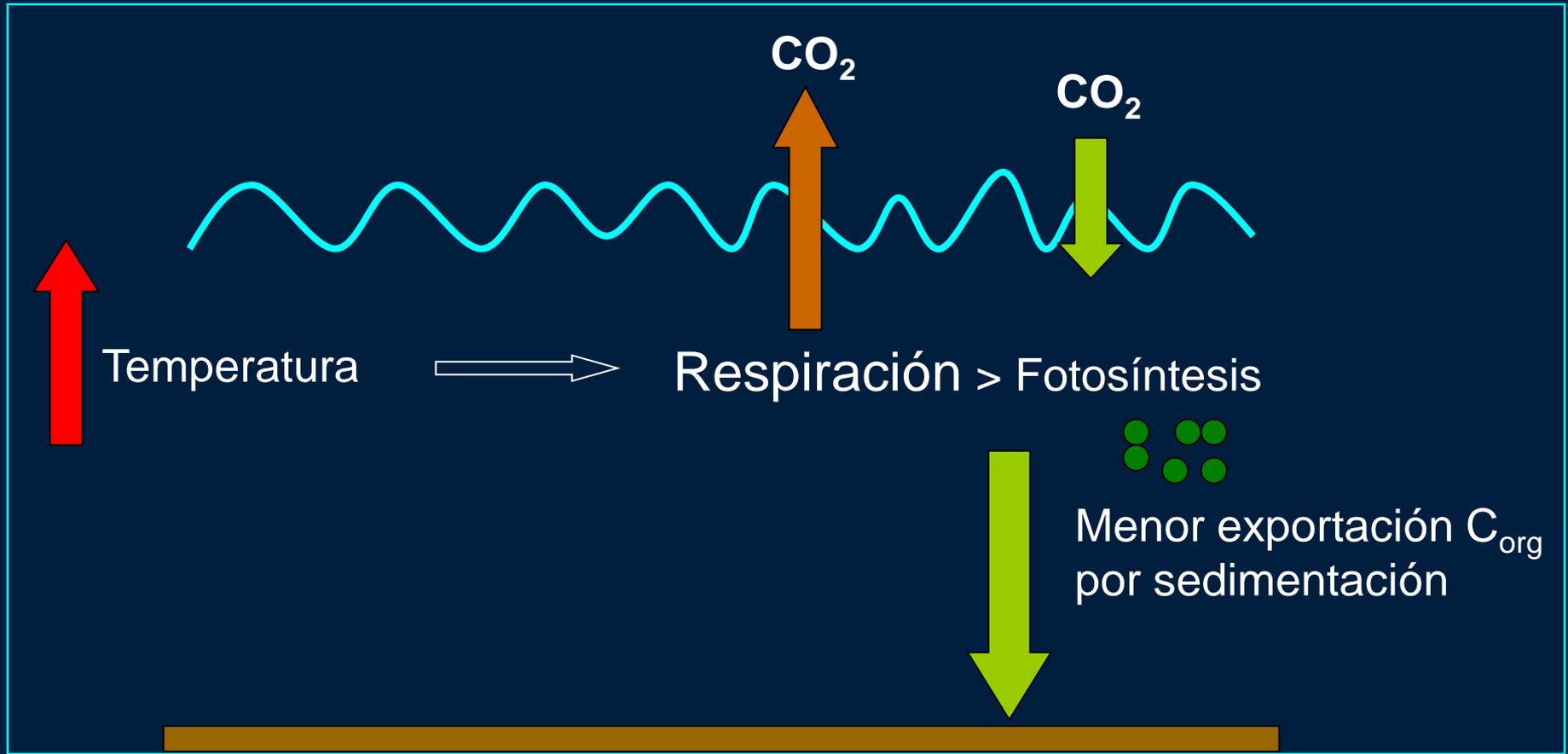
*Fucus vesiculosus*

# IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

## Comunidad planctónica

El calentamiento acelera las tasas de respiración en mayor medida que las fotosintéticas y, por lo tanto, favorece la heterotrofia y la producción de  $\text{CO}_2$

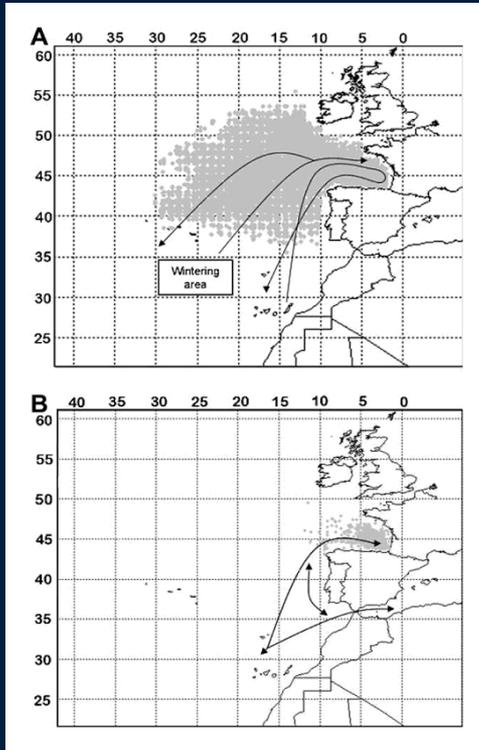
## Mares con menor capacidad para atrapar $\text{CO}_2$ atmosférico



# IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

## Cambios fenológicos

Fenología: ciencia que estudia la relación entre los factores climáticos y los ciclos de los seres vivos y, por lo tanto, la sincronización temporal de fenómenos naturales como las migraciones o los ciclos reproductivos



Migraciones de la albacora *Thunnus alalunga* y el atún rojo *Thunnus thynnus*



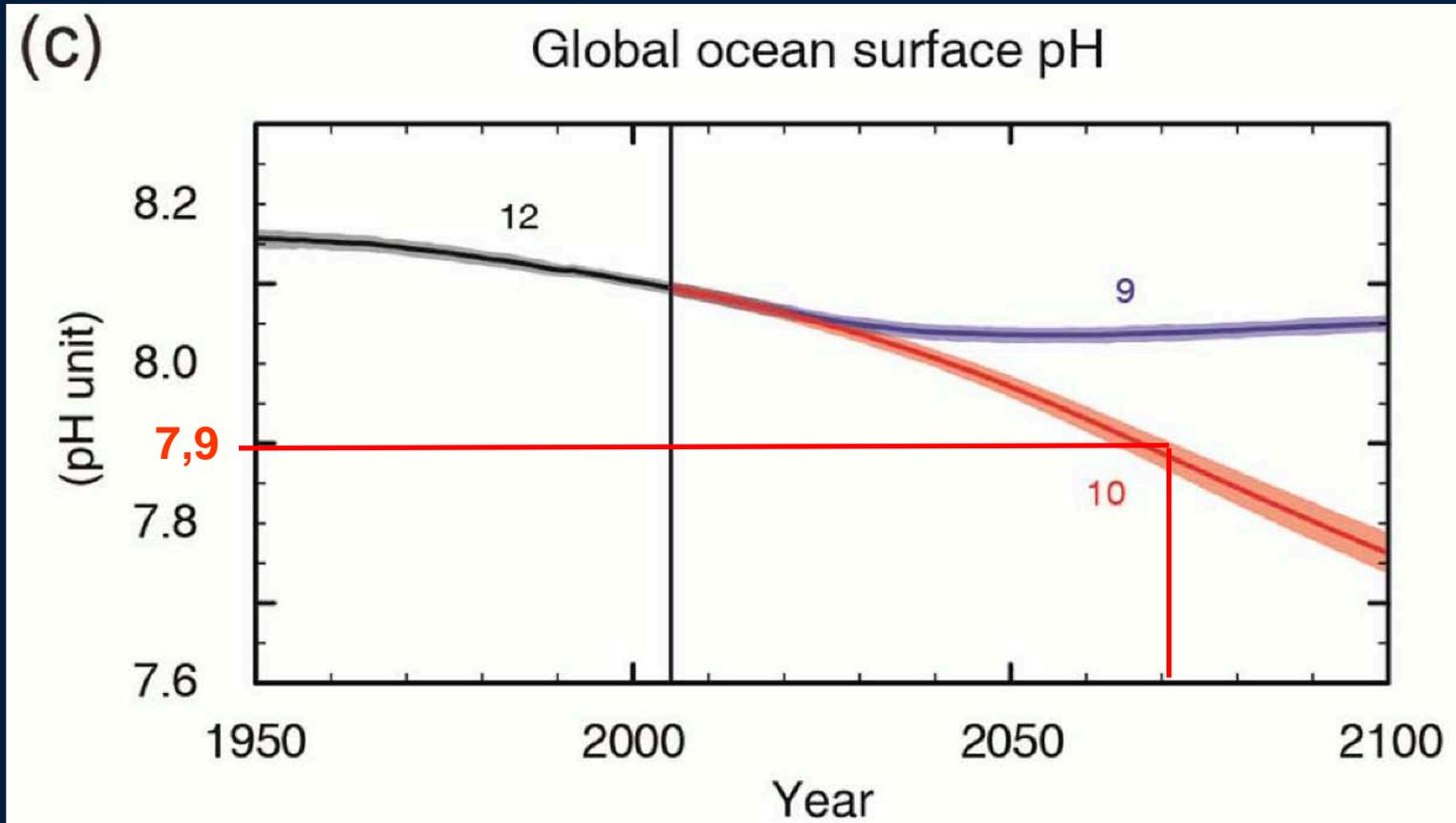
Foto: E. Ballesteros

Dufour et al. (2010)

Floración en *Posidonia oceanica*

# IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

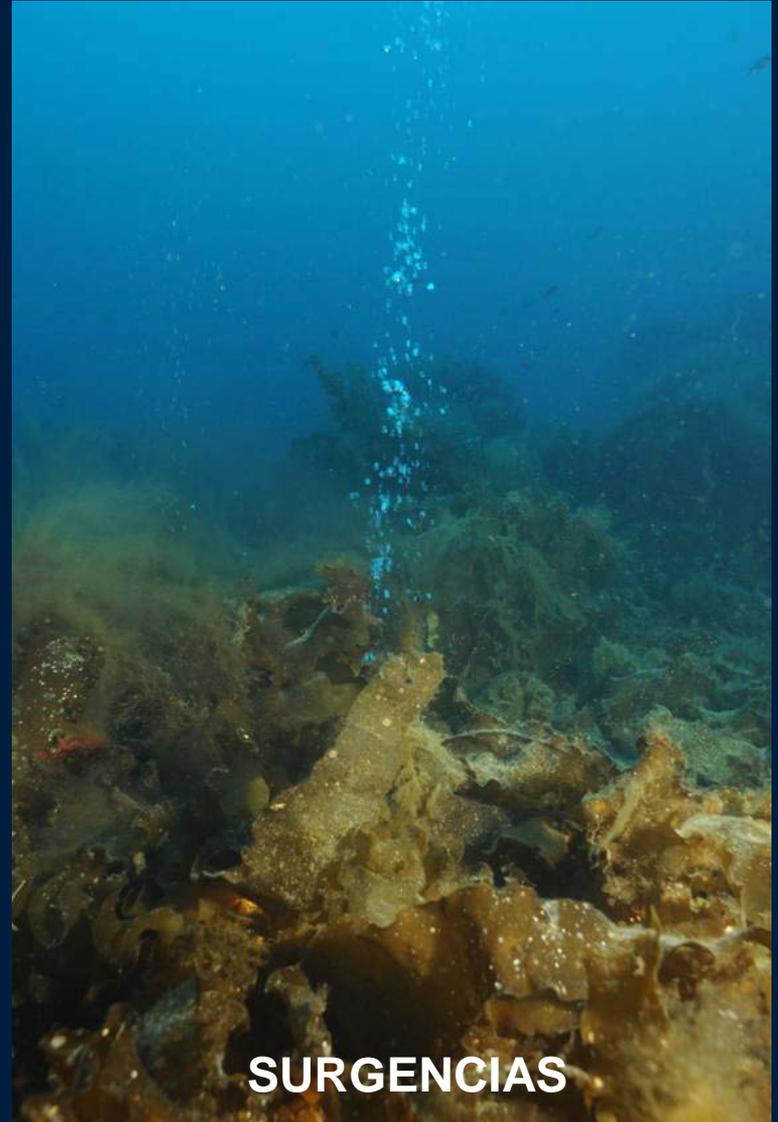
## Efectos potenciales de la acidificación



IPCC (2013)

# IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

## Efectos potenciales de la acidificación



# IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

**Crecimiento**

**Reproducción**

**Reclutamiento y supervivencia de primeras fases vitales**

**Sinergias**

# ESPECIES Y HÁBITATS VULNERABLES

## Arrecifes de *Cladocora caespitosa*



# ESPECIES Y HÁBITATS VULNERABLES

## Comunidades del coralígeno



# ESPECIES Y HÁBITATS VULNERABLES

Praderas de fanerógamas marinas (*P. oceanica*, *Z. noltii*, *Z. marina*)



Foto: AZTI

# ESPECIES Y HÁBITATS VULNERABLES

## Bosques de macroalgas



# ESPECIES Y HÁBITATS VULNERABLES

## Arrecifes de vermétidos



Foto: J. Templado

# ESPECIES Y HÁBITATS VULNERABLES

## Fondos de rodolitos y maërl



# PROYECCIONES VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS

- **Calentamiento** del agua generalizado: 0,2 - 0,3 °C década<sup>-1</sup>.
- Aumento en la **estratificación** y efectos sobre la disponibilidad de nutrientes.
- Aumento en la **salinidad** del Mediterráneo y efectos sobre la salinidad de aguas intermedias del Atlántico.
- Aumento del **nivel del mar** entre 2 y 5 mm año<sup>-1</sup>.
- Los modelos predicen una intensificación del **afloramiento** del noroeste ibérico entre abril y septiembre.
- En general pocos cambios en el **oleaje** y/o una ligera disminución.
- Atenuación de la **circulación termohalina** en el Mediterráneo. Disminución en la formación de **agua profunda** en el Golfo de León.

# PROYECCIONES VARIABLES Y RESPUESTAS BIOLÓGICAS

- Aumento en frecuencia e intensidad de las **mortandades**
- Mayor **desarrollo** de ciertas especies como *Diadema antillarum*
- Impacto de la **acidificación** sobre comunidades dominadas por organismos carbonatados
- Impactos sobre la **producción primaria** derivados de la estratificación y cambios en la circulación. Cambios en la **estacionalidad** de los blooms y en la **exportación de carbono** orgánico por sedimentación
- Impactos sobre **especies de interés comercial**, e.g. *Engraulis encrasicolus*
- Impactos sobre otras **especies emblemáticas**, e.g. *Balaenoptera physalus*

**En general: empobrecimiento y mayor vulnerabilidad de nuestros mares, junto con una disminución de su capacidad para absorber CO<sub>2</sub>**

# MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

- **Protección y conservación de especies y hábitats vulnerables**
- **Creación y mantenimiento de áreas marinas protegidas**
- **Gestión de la actividad pesquera basada en criterios de sostenibilidad y con un enfoque ecosistémico**
- **Fomento y respaldo del seguimiento científico (series históricas)**
- **Acciones de divulgación y sensibilización**

# AGRADECIMIENTOS

## A los coordinadores

Aída Velasco y José Ramón Picatoste

## A los participantes en el Seminario de Valsain

Ricardo Anadón, José Antonio Atauri, Rosa Balbín, Miquel Canals, Hermelindo Castro, Guillem Chust, Gloria de Mingo, Fiz Fernández, Esther Garcés, Joaquim Garrabou, Victoria González, José María Grassa, Ricardo Haroun, Francisco Heras, Cristina Laborda, Ana LLoret, Estíbaliz López-Samaniego, Mar Otero, Javier Pantoja, Carles Pelejero, José Ramón Picatoste, Silvia Revenga, Eva Rodríguez, Julio Rodríguez, Esther Rubio, Ana Sabatés, Ana Tejedor, José Templado, Aída Velasco, Pedro Vélez, Rosa María Viejo y Jon Vilches

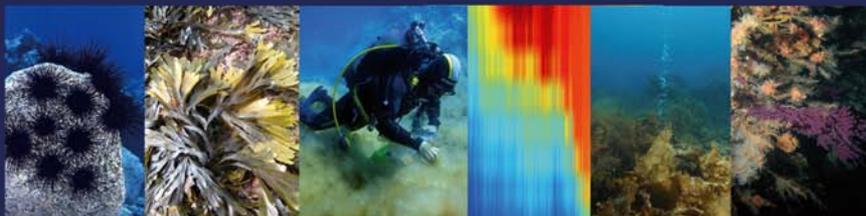
## A los revisores

Teresa Alcoverro, Rosa Balbín, Enric Ballesteros, Gabriel Borrás, Miquel Canals, Emma Cebrian, Guillem Chust, Fiz Fernández, Esther Garcés, Joaquim Garrabou, María Dolores Garza-Gil, Moncho Gómez-Gesteira, Damià Gomis, César González-Pola, Rafael González-Quirós, Ricardo Haroun, Bernat Hereu, José Carlos Hernández, Santiago Hernández-León, Gabriel Jordà, Mikel Latasa, Cristina Linares, Diego Macías, Marta Marcos, Belén Martín-Míguez, Celia Olabarria, Mar Otero, Carles Pelejero, Vicente Pérez-Muñuzuri, Alfonso Ramos, Silvia Revenga, Eva Rodríguez, Javier Romero, Esther Rubio, Juan Manuel Ruiz, Ana Sabatés, Jordi Salat, Renate Scharek, Ben Stobart, Elena Tel, José Templado, Aída Velasco, Pedro Vélez y Rosa María Viejo



## CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MEDIO MARINO ESPAÑOL: IMPACTOS, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN

PNACC  
Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático



# GRACIAS

Diego K. Kersting



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

# INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS

Calentamiento de la temperatura superficial del agua entre 0,2 y 0,7 °C

Aumento de la salinidad en aguas intermedias y profundas

Disminución del pH ~0,1 unidades durante el último siglo

Variación del nivel del mar en el Atlántico: aumento de 1-2 mm año<sup>-1</sup> durante el s. XX y 4-8 mm año<sup>-1</sup> a partir de los años 90.

Variación del nivel del mar en el Mediterráneo: tendencias negativas entre los años 60 y 90, y aumento de 2-10 mm año<sup>-1</sup> a partir de los 90.

Afloramientos: tendencias variables según zona. Debilitamiento en los afloramientos del noroeste peninsular e intensificación en el suroeste. No se detectan tendencias significativas en el afloramiento de la Corriente de Canarias.

Cambios en la intensidad del oleaje: aumento en intensidad en el Atlántico peninsular y norte de Canarias y ligera disminución en el Mediterráneo y sur de Canarias.

Cambios en los procesos de formación de agua profunda en el Mediterráneo noroccidental.

Aumento de la estratificación de las aguas superficiales y su efecto sobre los nutrientes.

# IMPACTOS SOBRE ORGANISMOS Y ECOSISTEMA

Mortandades masivas y aumento de tasas de mortalidad

Regresión de los bosques de algas

Cambios en la distribución de las especies

Favorece directa o indirectamente el desarrollo de especies invasoras

Disminución de la producción primaria en zonas costeras

Aumento en la frecuencia de blooms de placton gelatinoso (la diversidad de factores implicados dificulta establecer relaciones inequívocas con el CC).

Cambio en la estacionalidad de los ciclos del fitoplancton. Adelanto del bloom primaveral y retraso en el otoñal.

Alteraciones a nivel fenológico: en la zonación y sincronización de migraciones reproductoras de varias especies de túnidos y en la intensidad de la floración en *Posidonia oceanica*.

Alteraciones en procesos esenciales como el crecimiento, la reproducción y la supervivencia de las primeras fases vitales, comprometiendo la supervivencia de algunas poblaciones.

No se detectan aún efectos significativos de la acidificación sobre los organismos.

Pérdida de biodiversidad y diversidad genética.

Interacción y sinergias, amplificación de los efectos sobre los organismos y ecosistema.

# EVIDENCIAS DE CAMBIOS Y EFECTOS

## A nivel físico-químico

Aumento de la temperatura

Acidificación

Cambios en la circulación oceánica

Cambios en la formación de masas de agua

Aumento de la estratificación

Cambios en los afloramientos

Cambios en la intensidad del oleaje

## A nivel biológico

Mortandades masivas

Cambios en la distribución de especies

Disminución de la producción primaria

Menor capacidad de absorción de CO<sub>2</sub>

Declive de especies estructurantes

Cambios fenológicos

Pérdida generalizada de biodiversidad