

# Cambio climático

## ¿ha llegado ya al mar de Galicia?

X. Antón. A. Salgado

CSIC, Instituto de Investigaciones Marinas

R/ Eduardo Cabello 6, 36208 – Vigo

<http://www.iim.csic.es>



# ¿qué es el cambio climático?

## definición

Es la alteración del intercambio de materia y energía entre los cinco compartimentos que definen el clima terrestre: atmósfera, hidrosfera, litosfera, criosfera y biosfera.

Es el equilibrio entre estos cinco compartimentos lo que regula tanto el clima atmosférico (temperatura, precipitación, régimen de vientos, etc.) como el clima marítimo (temperatura, salinidad, nivel del mar, oleaje, corrientes, etc.)

# causas del cambio climático

¿naturales? ¿forzadas por el hombre?

## Naturales

- 🌍 variación de las características orbitales del planeta Tierra
- 🌍 erupciones volcánicas
- 🌍 variación de la energía emitida por el Sol
- 🌍 ciclos decadales (NAO, PDO, ...)

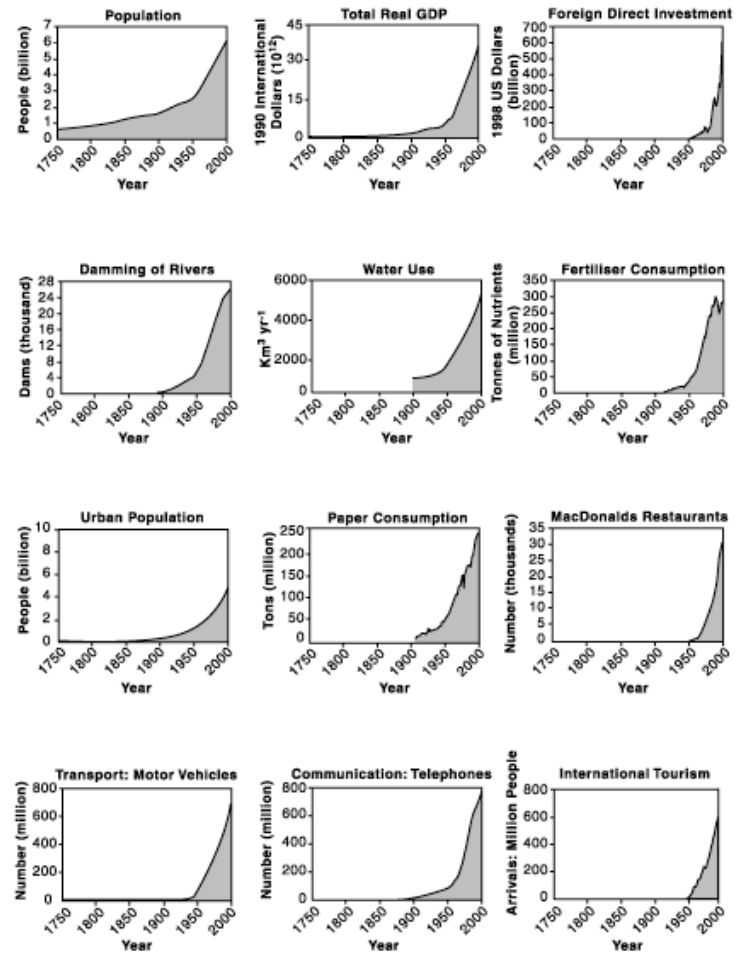
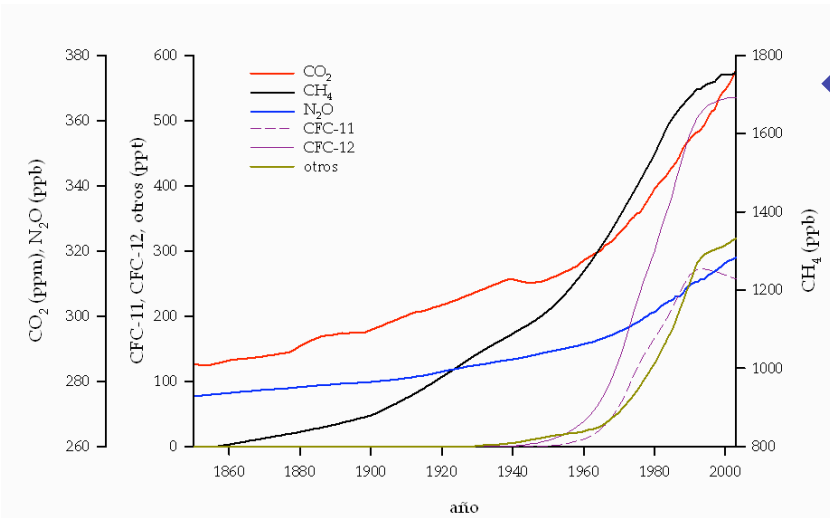
## Antrópicas

- 🌍 quema de combustibles fósiles
- 🌍 deforestación
- 🌍 transformación de terreno virgen para usos agropecuarios, industriales y urbanos

... en los últimos 150 años

# causas antrópicas del cambio climático

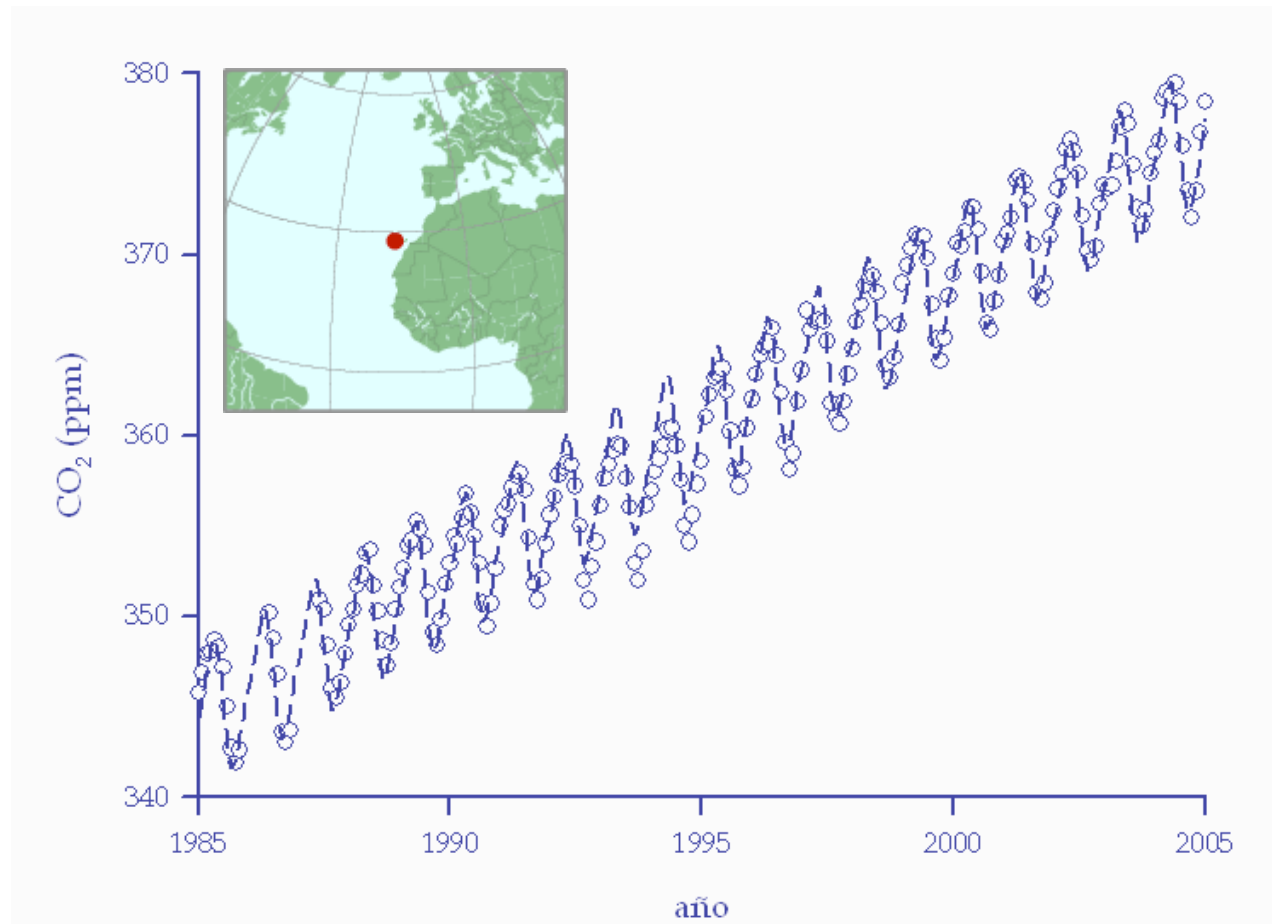
## acumulación de “gases de invernadero” en la atmósfera



acumulación de “gases de invernadero” e índices de desarrollo humano

# causas antrópicas del cambio climático

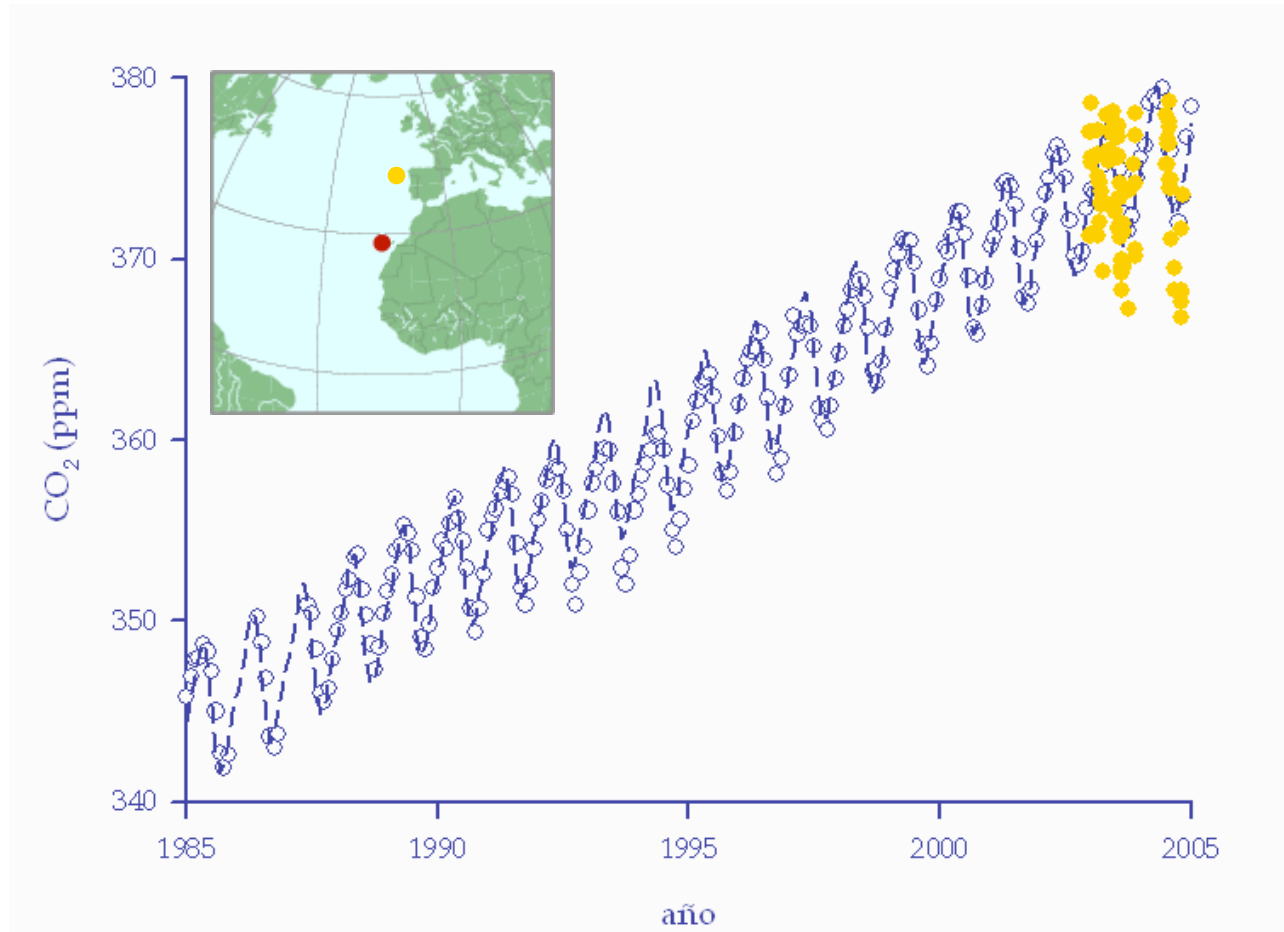
## acumulación de “gases de invernadero” en la atmósfera



acumulación de CO<sub>2</sub> en la atmósfera de Izaña (Tenerife)

# causas antrópicas del cambio climático

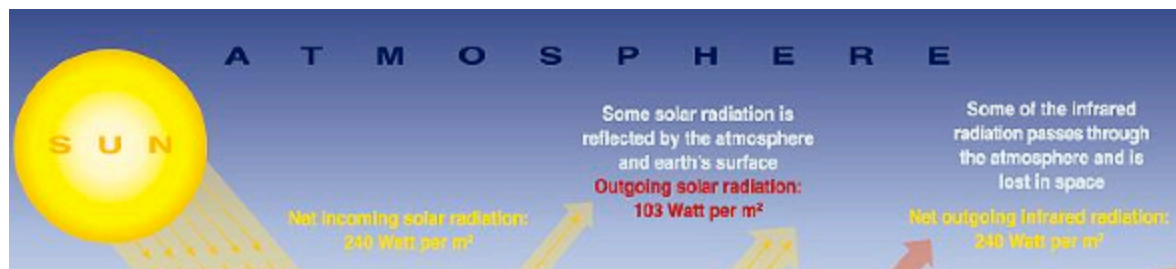
## acumulación de “gases de invernadero” en la atmósfera



acumulación de CO<sub>2</sub> en la atmósfera de la plataforma gallega

# causas antrópicas del cambio climático

## acumulación de “gases de invernadero” en la atmósfera



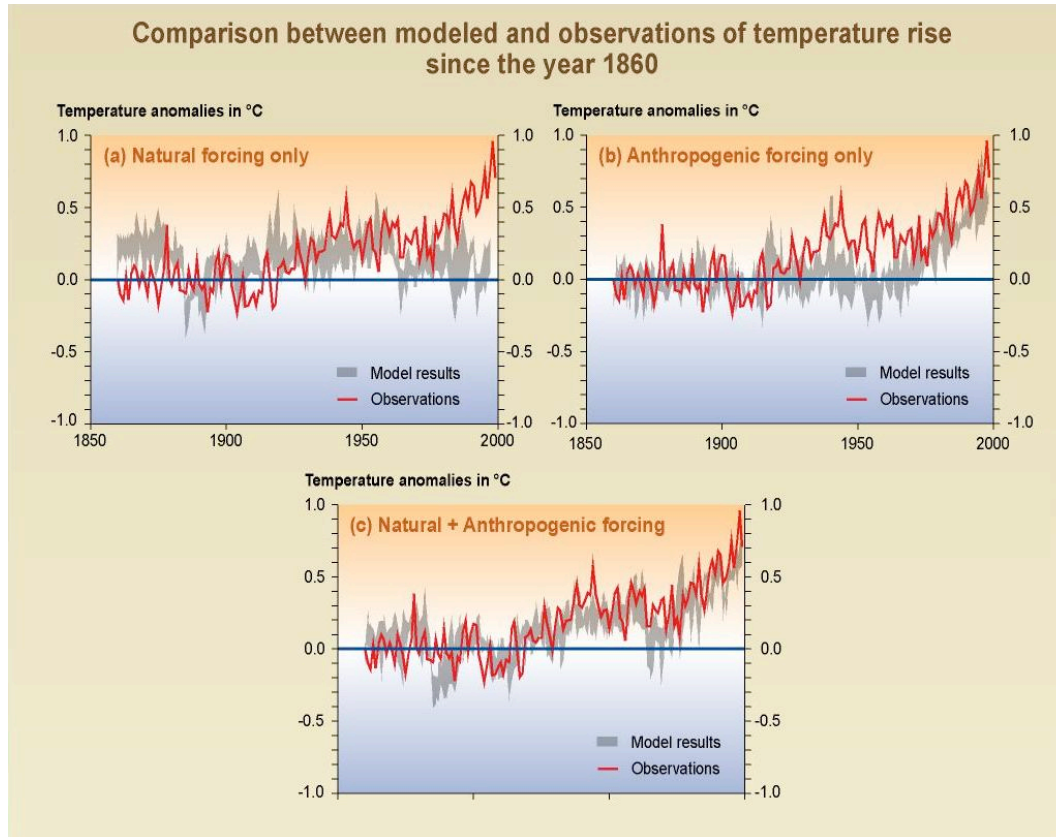
El cambio es inherente al Planeta en el que vivimos. El problema surge cuando esos cambios se aceleran por la intervención del hombre, única especie capaz de alterar su entorno a escala global en períodos de tiempo inferiores al de su propia vida.



el efecto invernadero

# evidencias del cambio climático

## temperatura del aire



diagnóstico del aumento de la temperatura del aire

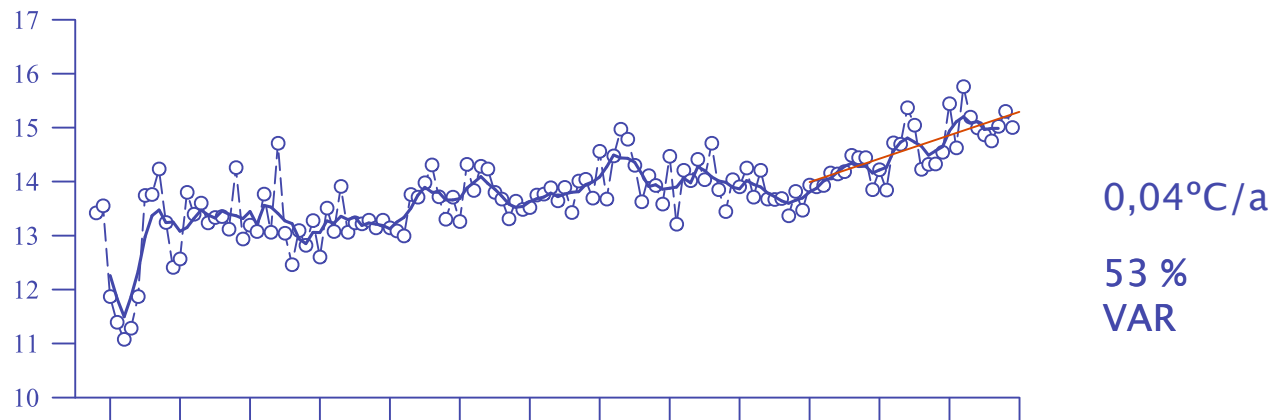


# evidencias del cambio climático

## temperatura del aire

“la temperatura media del aire en A Coruña se ha incrementado 1,5°C en los últimos 35 años”

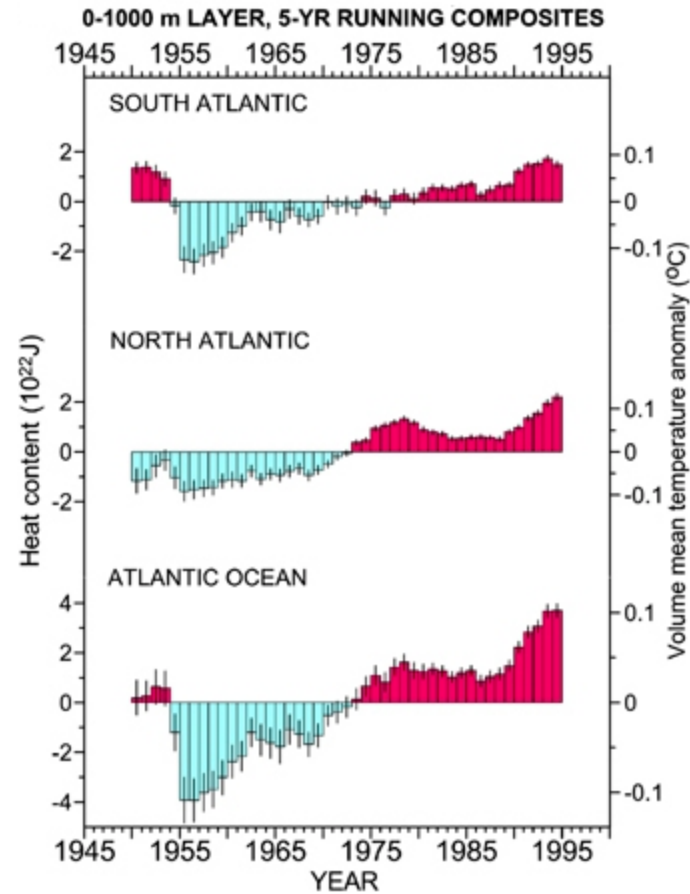
temperatura del aire en el observatorio de A Coruña



**diagnóstico** aumento de la temperatura del aire en Galicia

# evidencias del cambio climático

## temperatura del agua



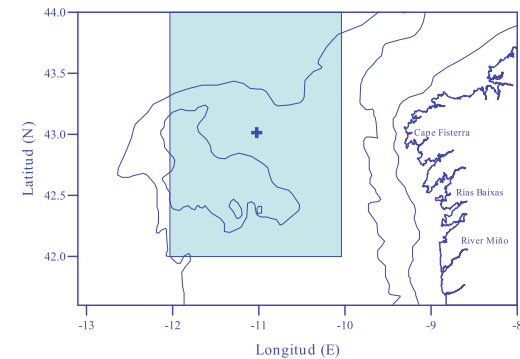
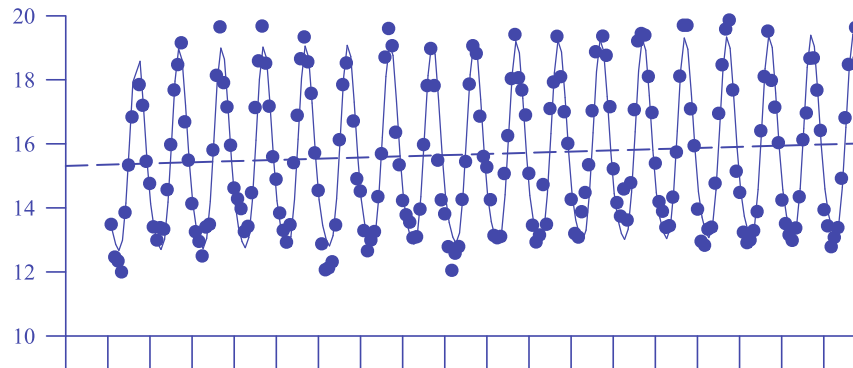
diagnóstico del aumento de la temperatura del mar

# evidencias del cambio climático

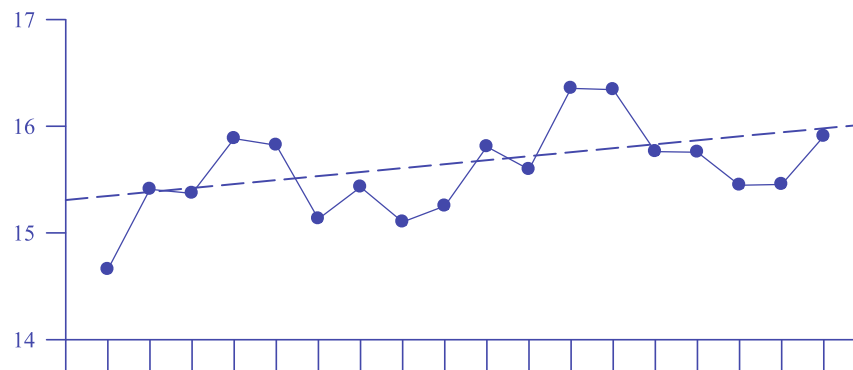
## temperatura del agua

temperatura superficial del mar (AVHRR) en 43°N 11°W

$0,04 \pm 0,01$  °C/a  
0,5 %VAR



$0,04 \pm 0,01$  °C/a  
22 %  
VAR



“la temperatura media de las aguas oceánicas de Galicia se ha incrementado en 0,8°C en los últimos 20 años”

**diagnóstico** del aumento de la temperatura en aguas oceánicas de Galicia

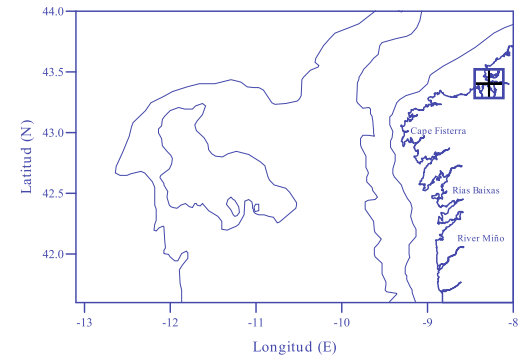
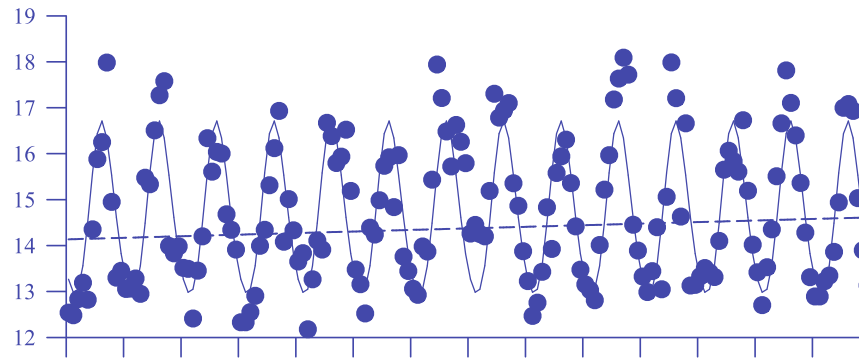
# evidencias del cambio climático

## temperatura del agua

Temperatura superficial del mar en A Coruña

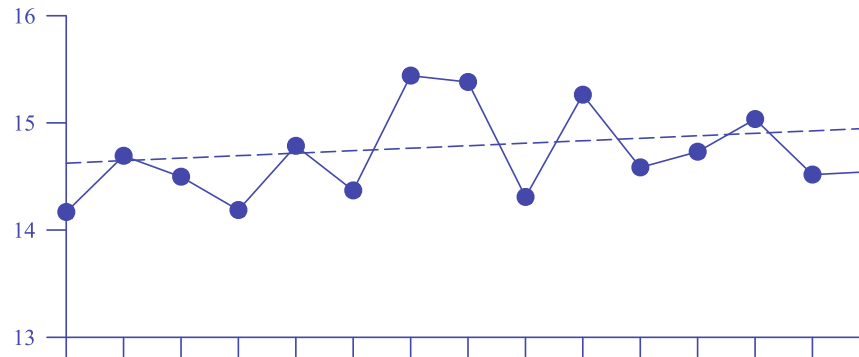
$0,03 \pm 0,25$  °C/a

0,9 %VAR



$0,03 \pm 0,25$  °C/a

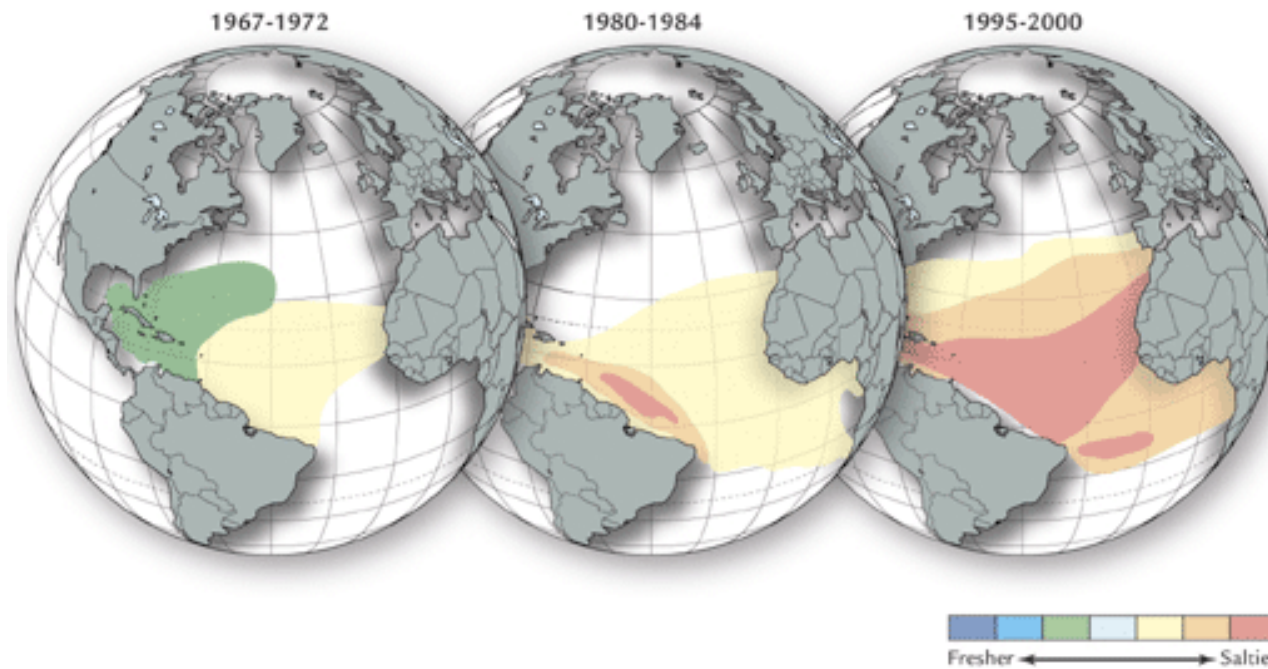
7 %VAR



**diagnóstico** del aumento de la temperatura en aguas costeras de Galicia

# evidencias del cambio climático

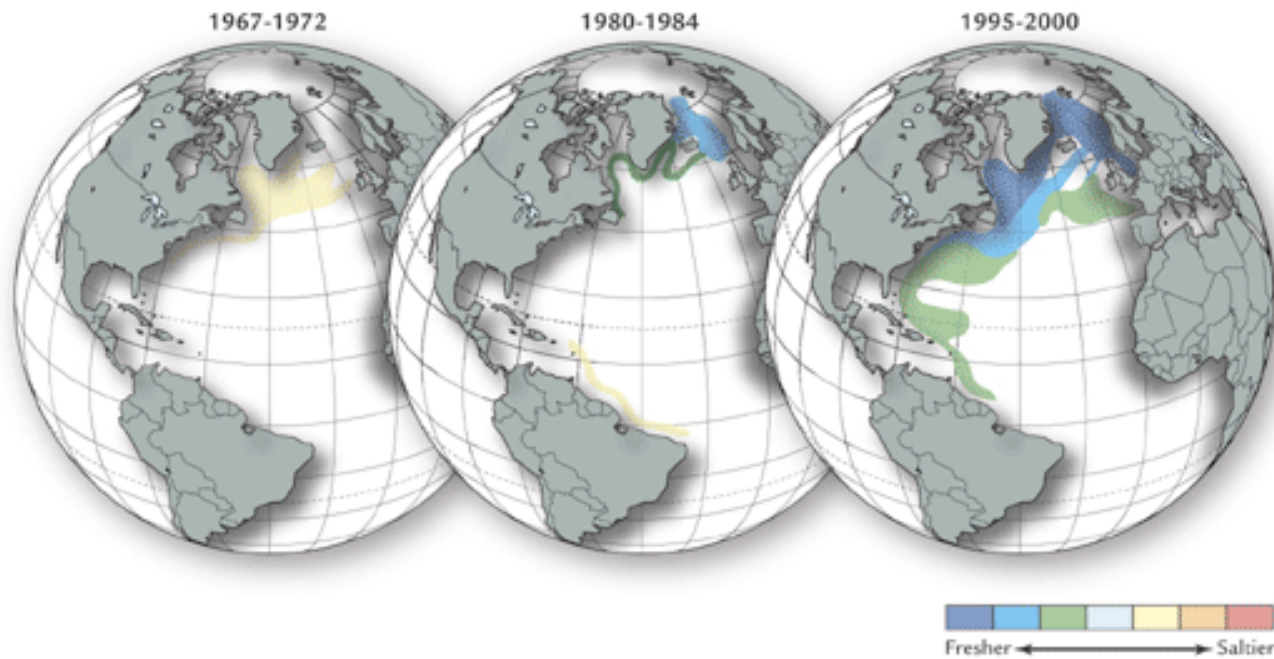
## salinidad



diagnóstico de la salinización en latitudes bajas: aguas superficiales

# evidencias del cambio climático

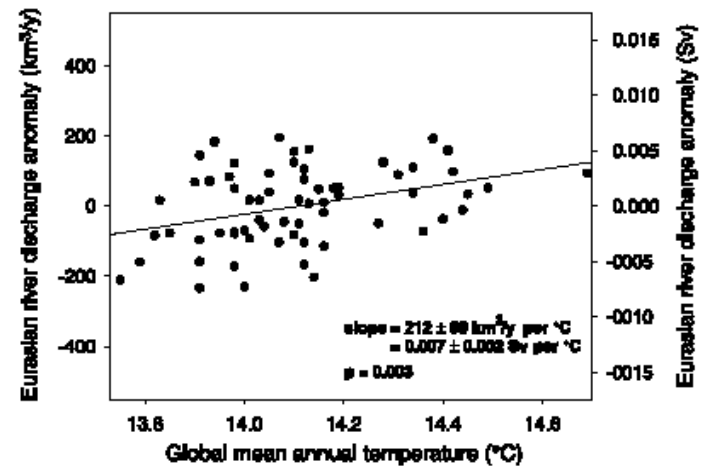
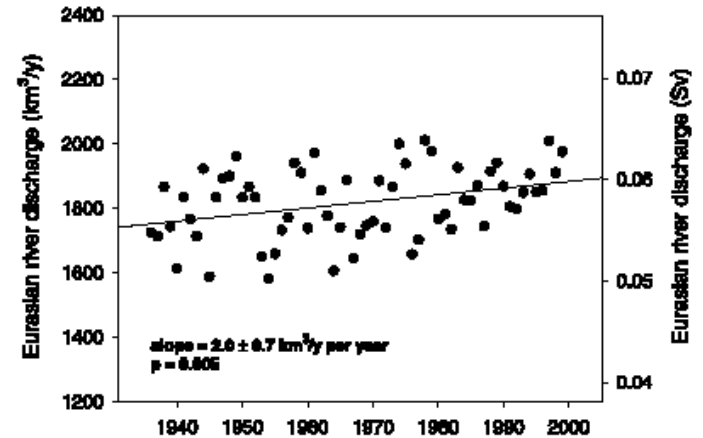
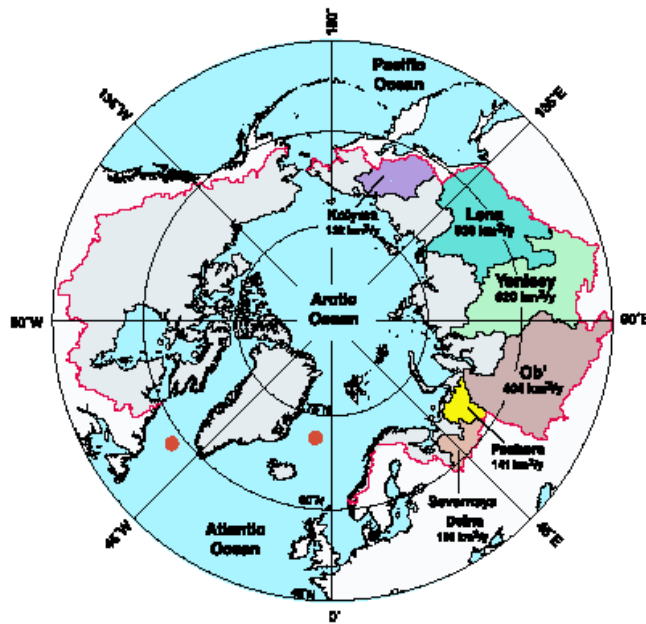
## salinidad



**diagnóstico** de la desalinización en latitudes altas

# evidencias del cambio climático

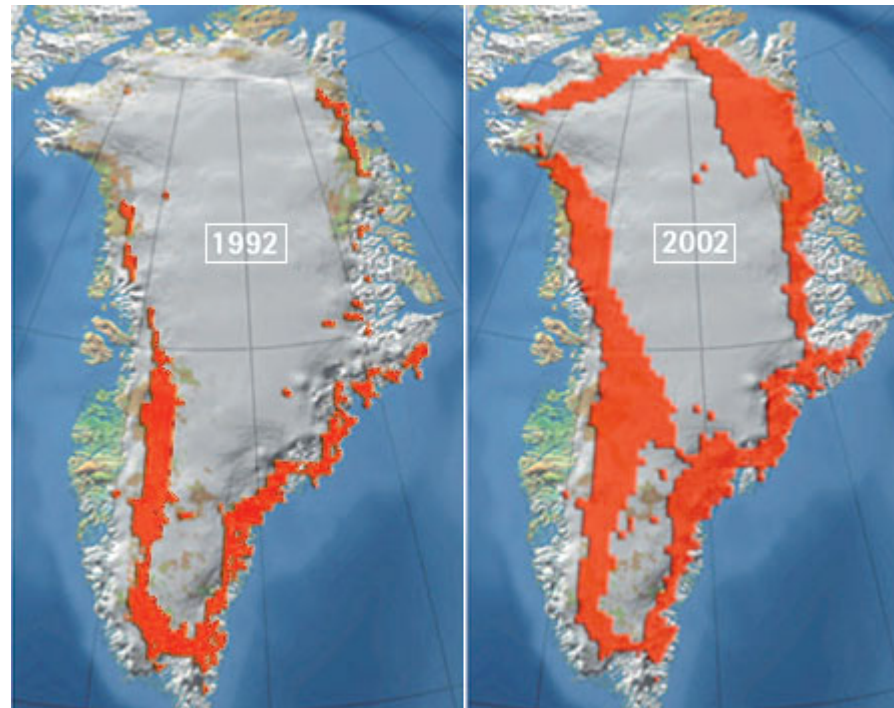
## salinidad



diagnóstico del incremento del caudal de los ríos árticos

# evidencias del cambio climático

## salinidad

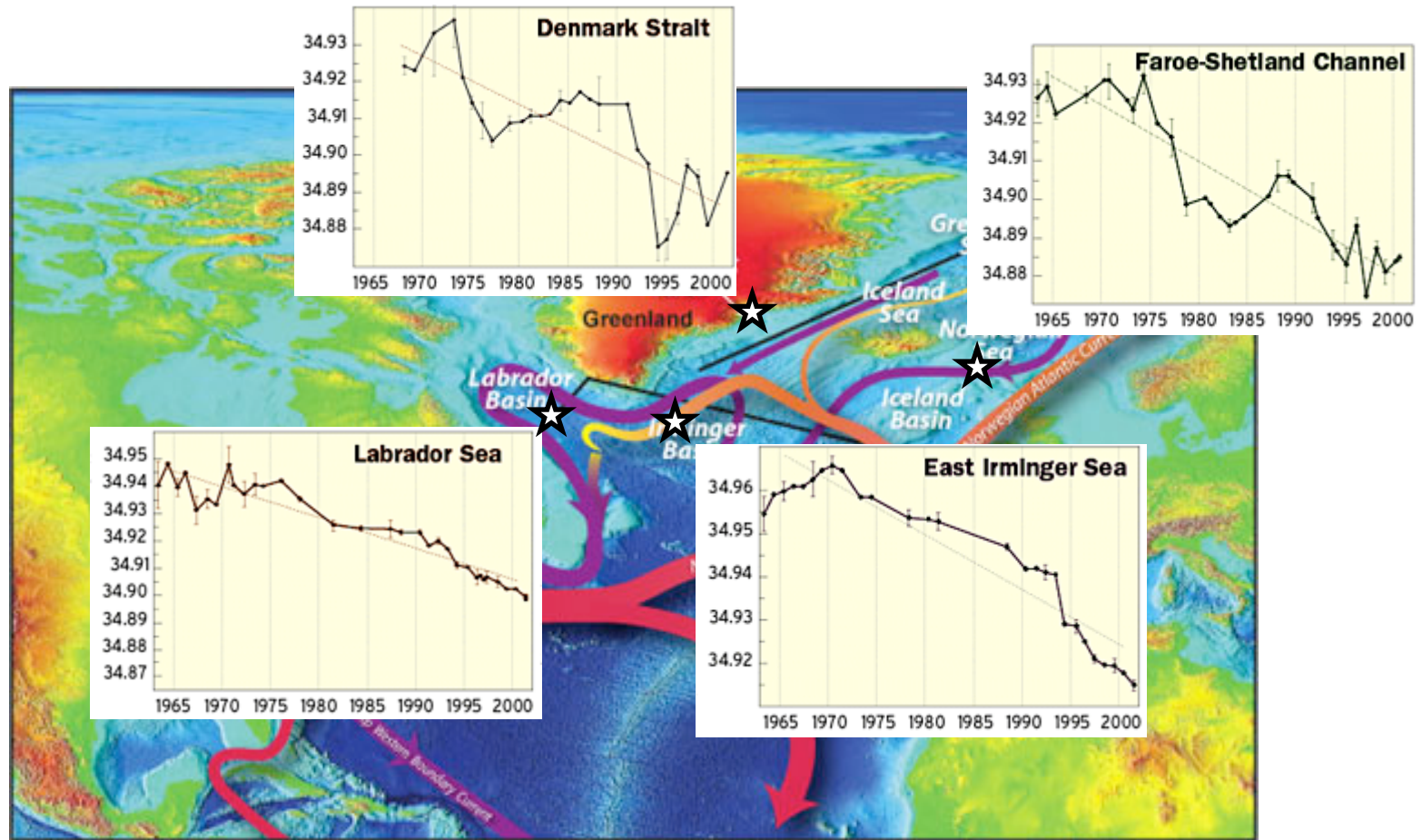


**diagnóstico** de la regresión de los glaciares: el caso de Groenlandia



# evidencias del cambio climático

## circulación



diagnóstico de reducción de la tasa de formación de aguas profundas

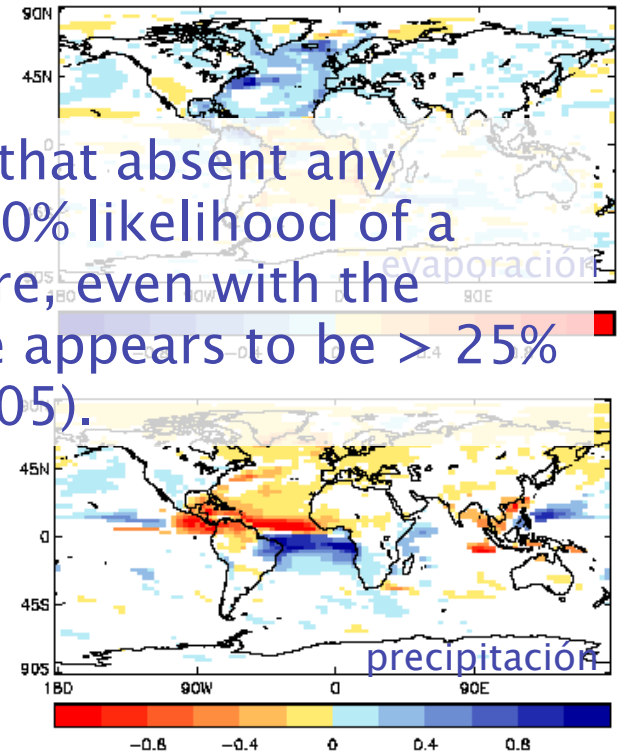
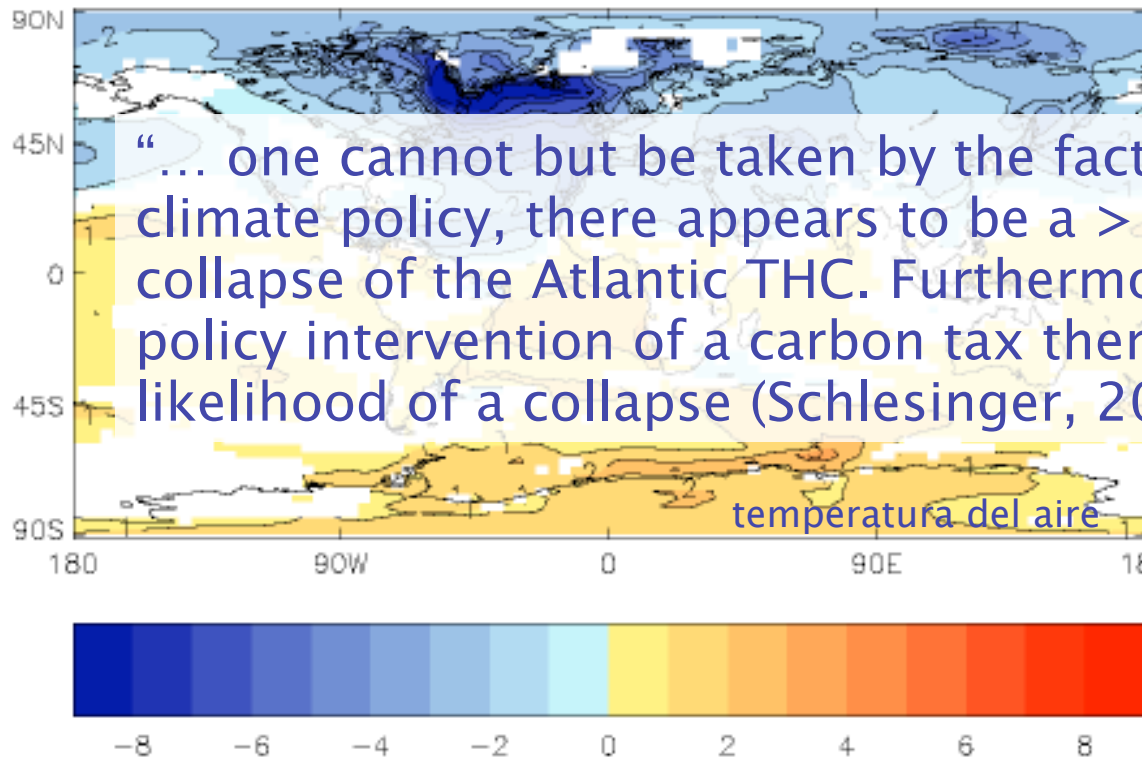
# evidencias del cambio climático

## circulación

**diagnóstico** de reducción de la tasa de formación de aguas profundas

# evidencias del cambio climático

## circulación

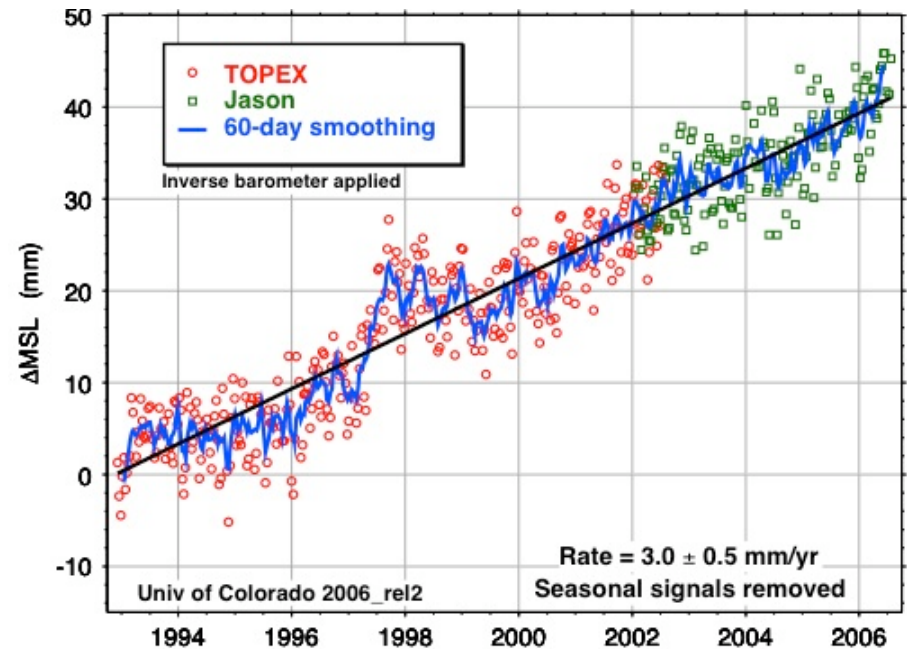
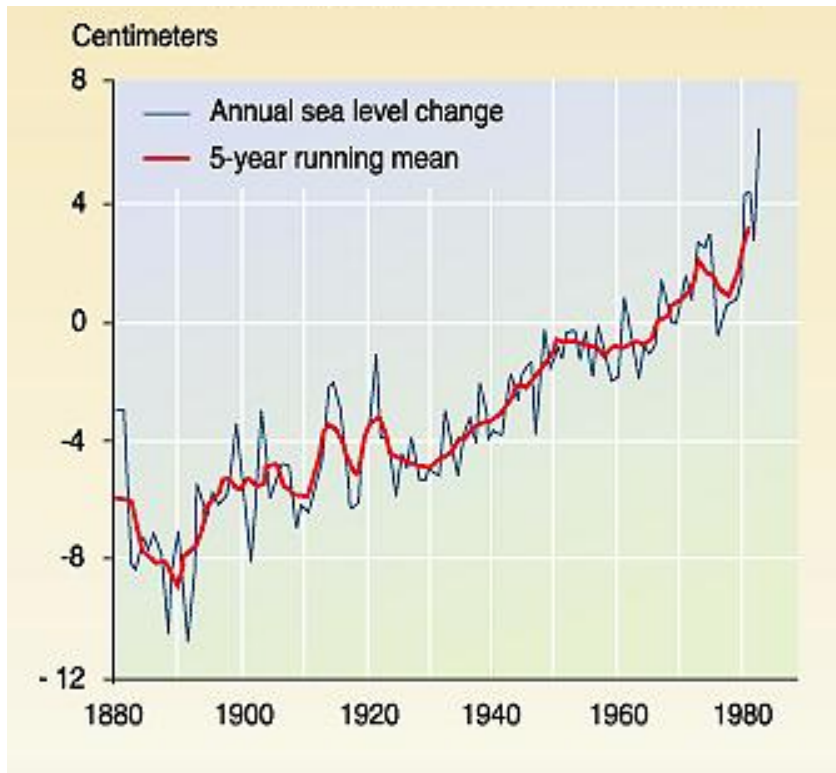


“... one cannot but be taken by the fact that absent any climate policy, there appears to be a >50% likelihood of a collapse of the Atlantic THC. Furthermore, even with the policy intervention of a carbon tax there appears to be > 25% likelihood of a collapse (Schlesinger, 2005).”

pronóstico de nuestro clima 30 años después del colapso

# evidencias del cambio climático

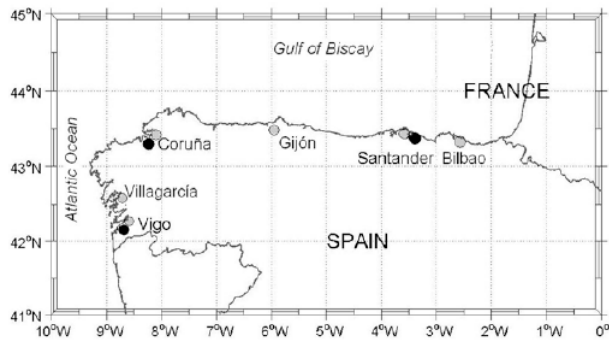
## nivel del mar



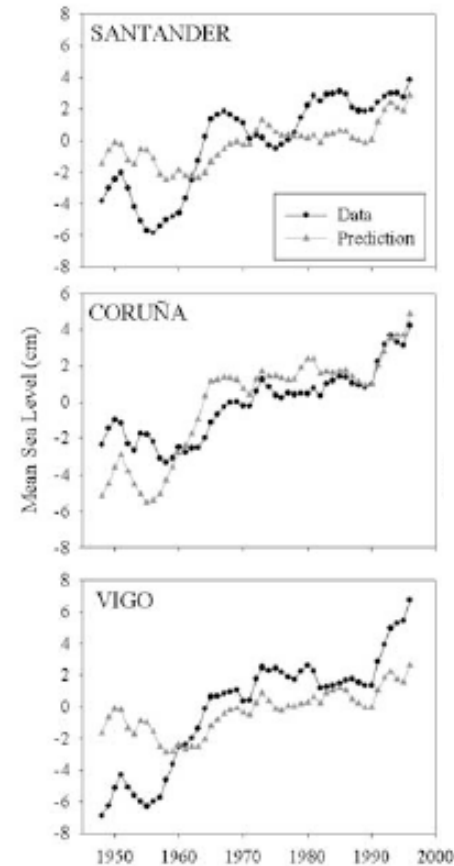
diagnóstico de la elevación del nivel del mar

# evidencias del cambio climático

## nivel del mar



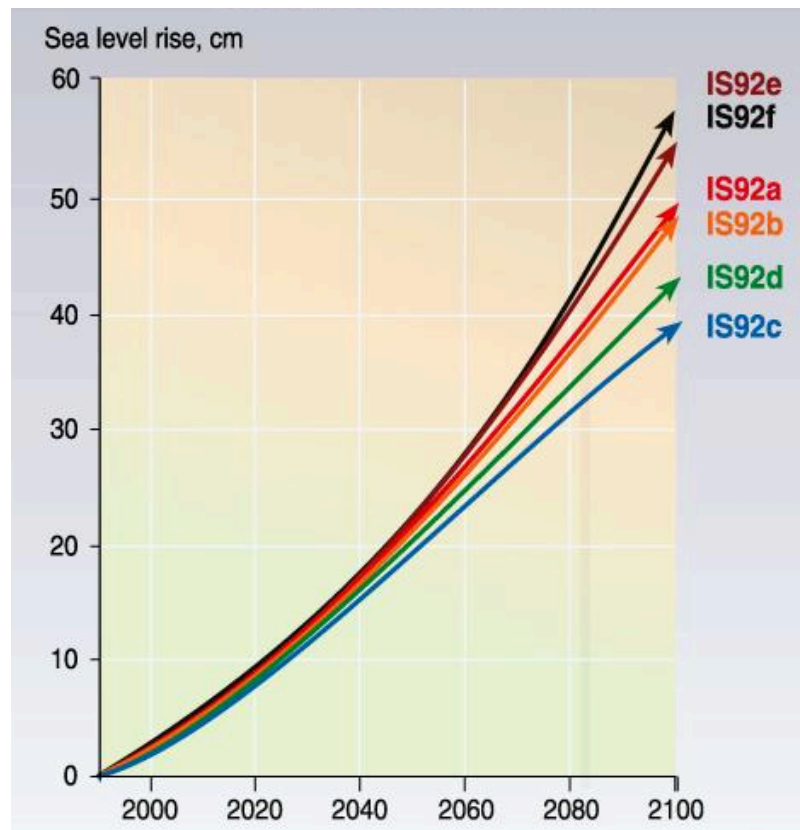
“El nivel del mar en Galicia ha ascendido entre 15 y 20 cm en los últimos 60 años”



diagnóstico de la elevación del nivel del mar en Galicia

# evidencias del cambio climático

## nivel del mar



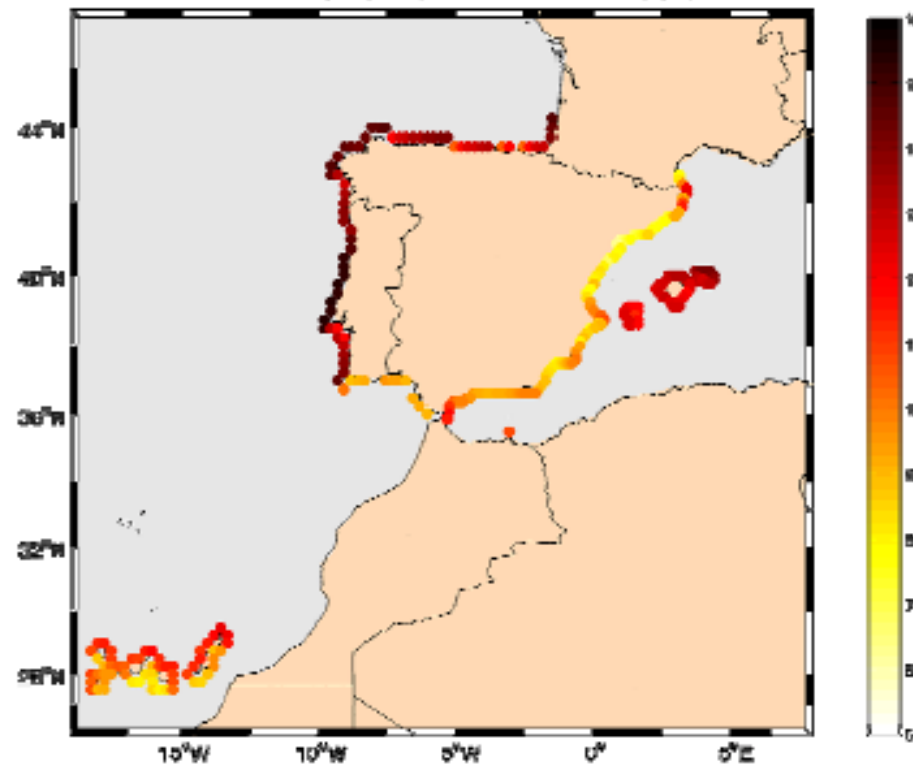
pronóstico de la elevación del nivel del mar

# evidencias del cambio climático

## nivel del mar

Horizonte temporal 2050

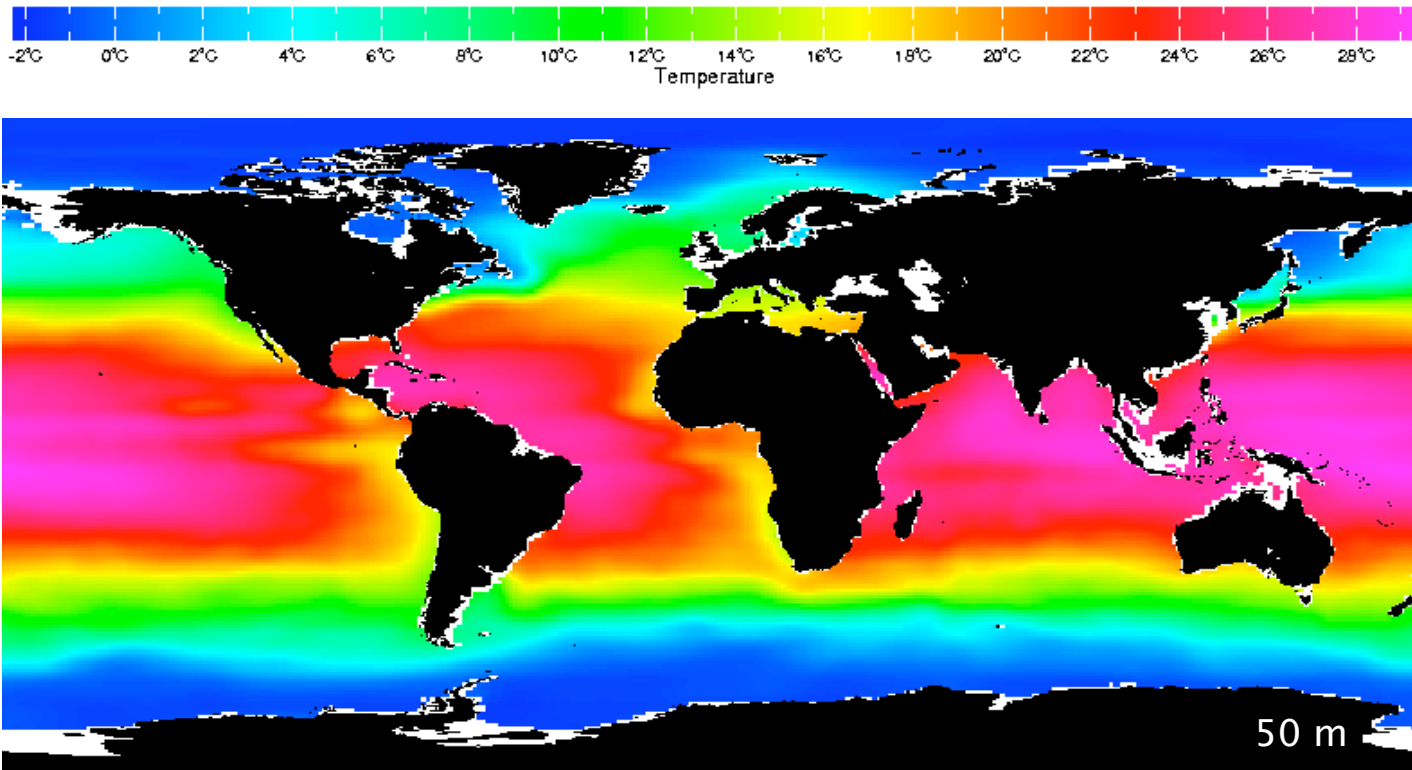
Retroceso de playas por aumento del nivel del mar (m)



pronóstico de la elevación del nivel del mar en Galicia

# evidencias del cambio climático

## efecto cascada sobre la producción primaria

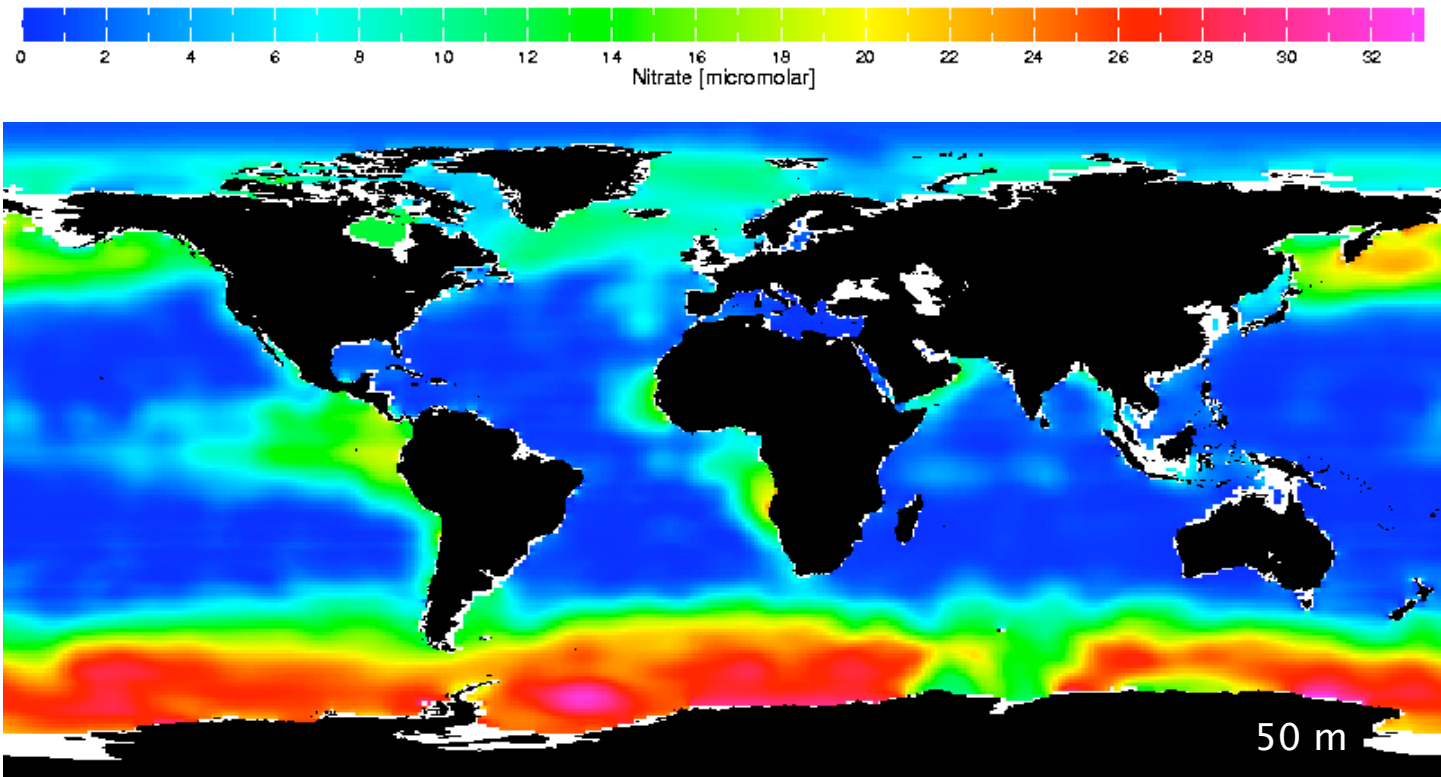


distribución global de la temperatura



# evidencias del cambio climático

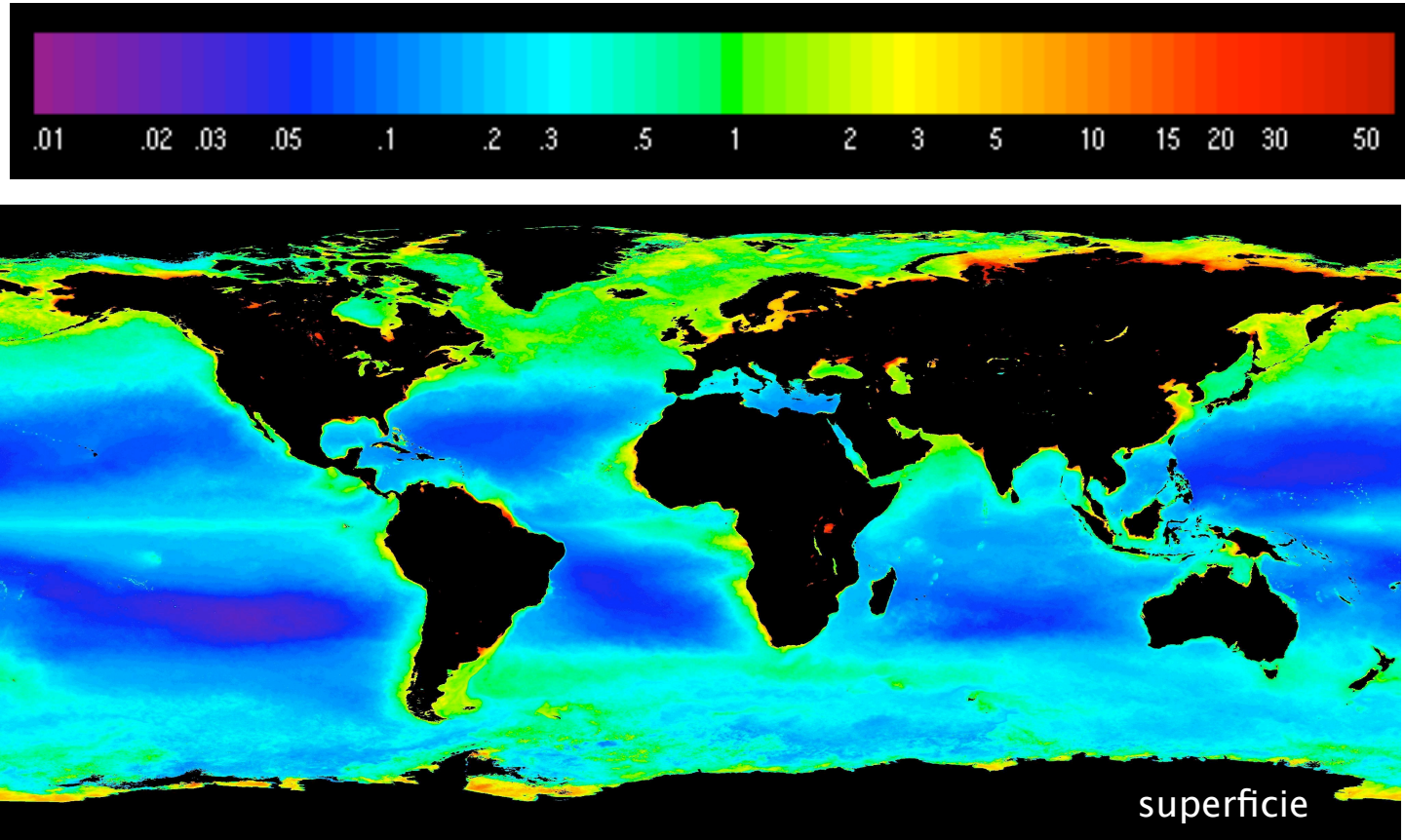
## efecto cascada sobre la producción primaria



distribución global del nitrato

# evidencias del cambio climático

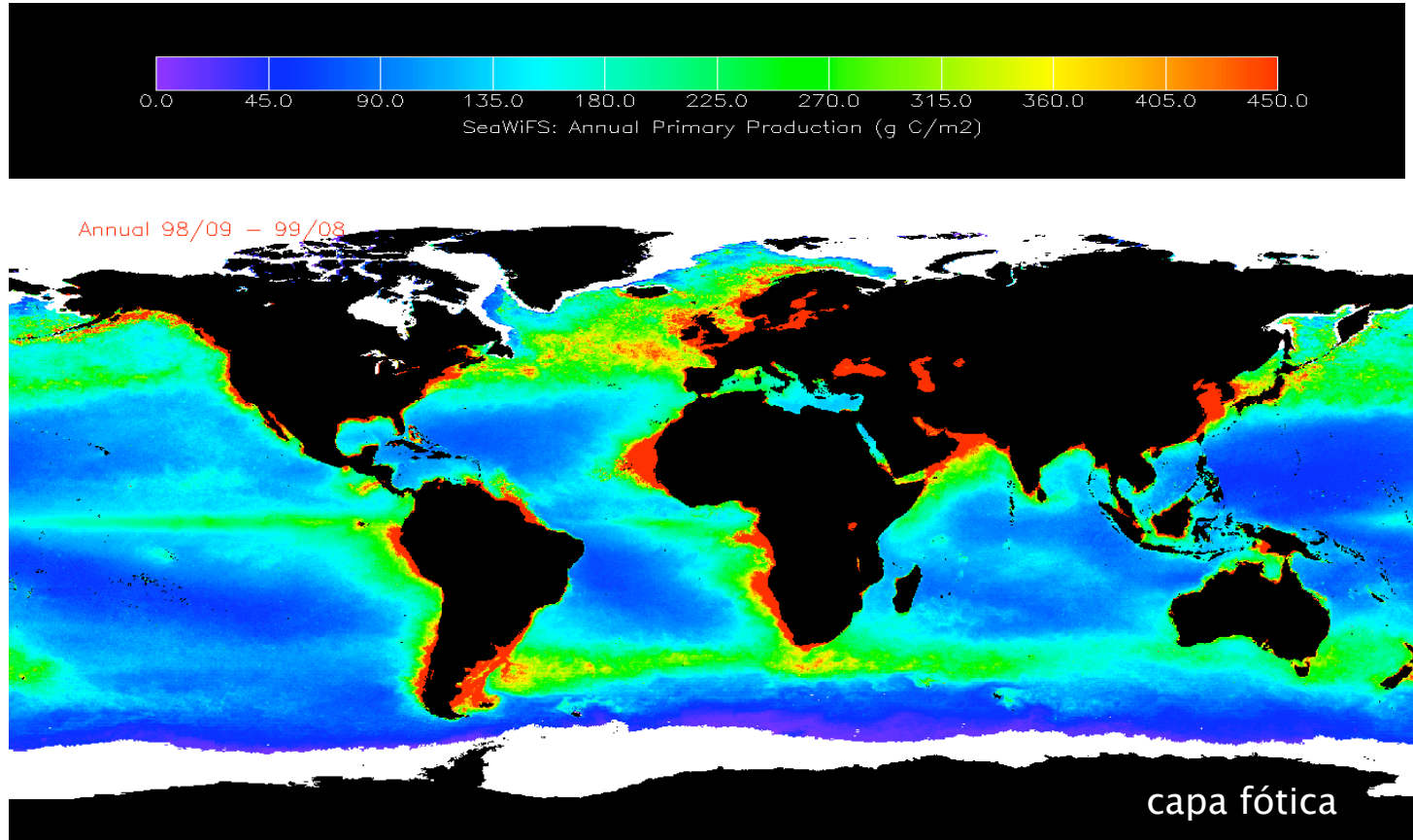
## efecto cascada sobre la producción primaria



distribución global de la clorofila

# evidencias del cambio climático

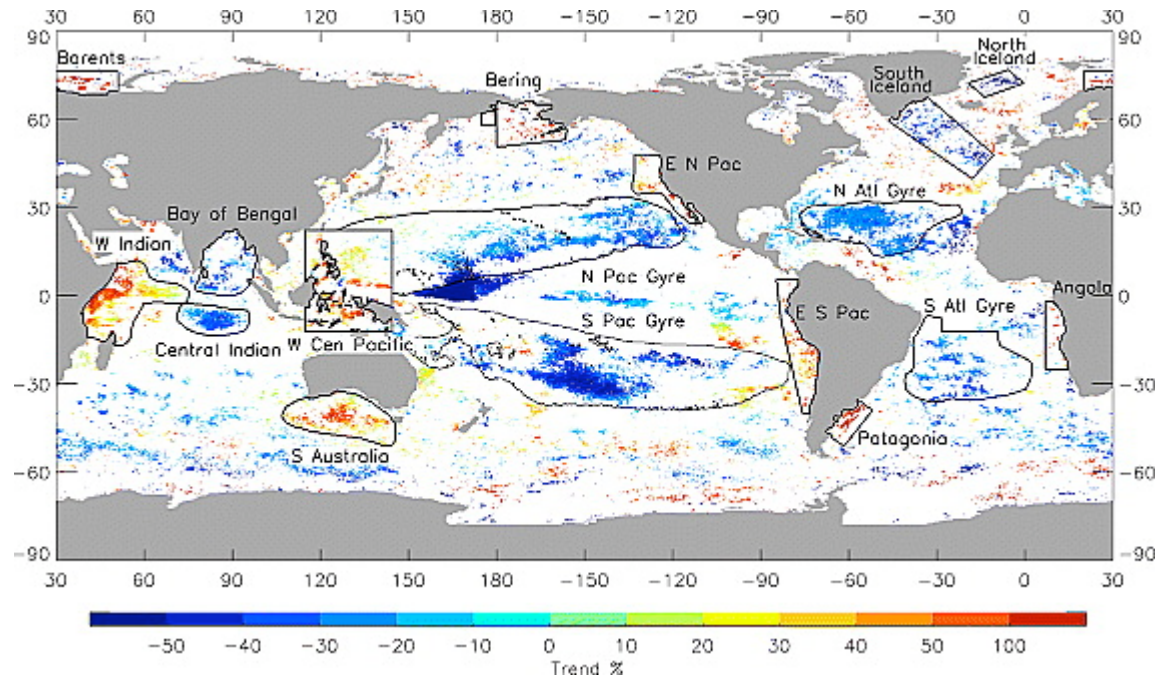
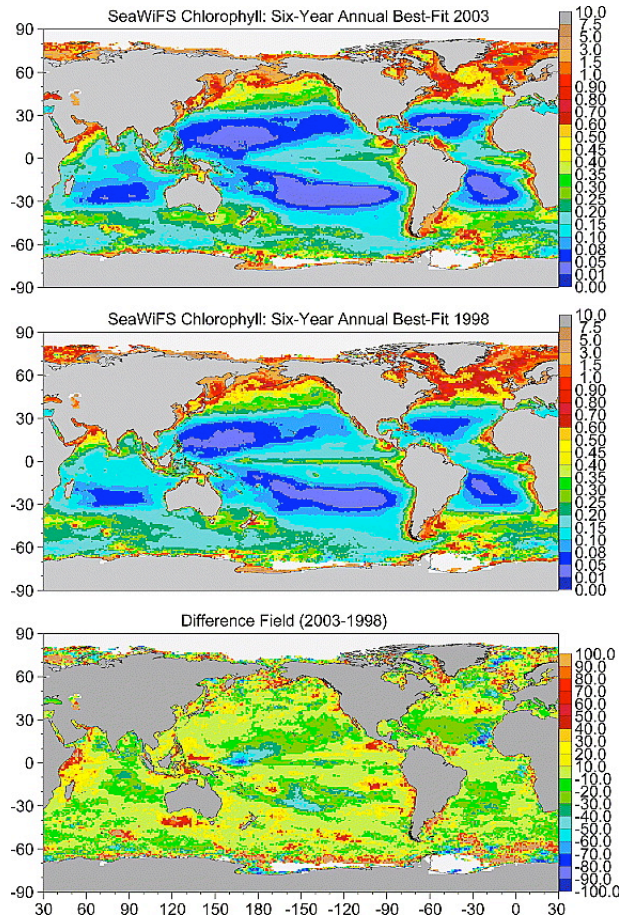
## efecto cascada sobre la producción primaria



distribución global de la producción primaria

# evidencias del cambio climático

## efecto cascada sobre la producción primaria



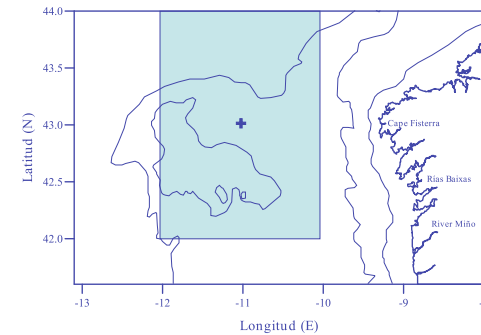
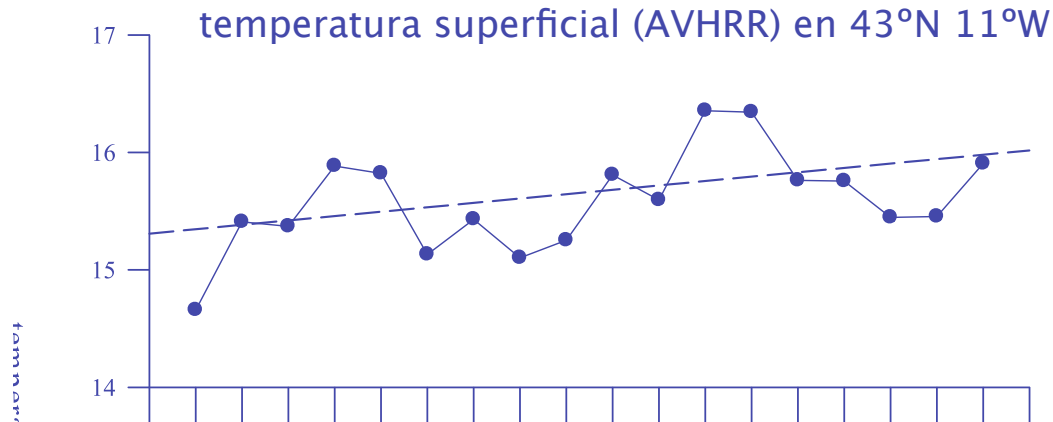
diagnóstico del descenso de clorofila superficial en el océano abierto

# evidencias del cambio climático

## efecto cascada sobre la producción primaria

$0,04 \pm 0,01 \text{ } ^\circ\text{C/a}$

22 %  
VAR



$-0,02 \pm 0,01 \text{ mg /m}^3/\text{a}$

72 %  
VAR

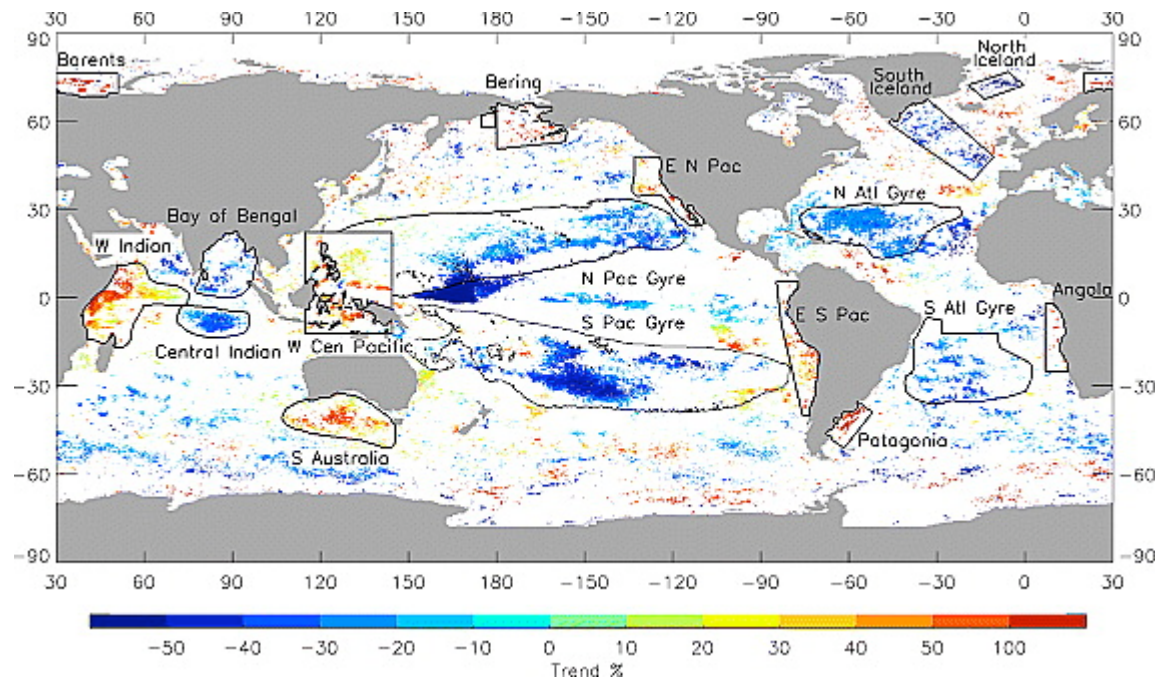
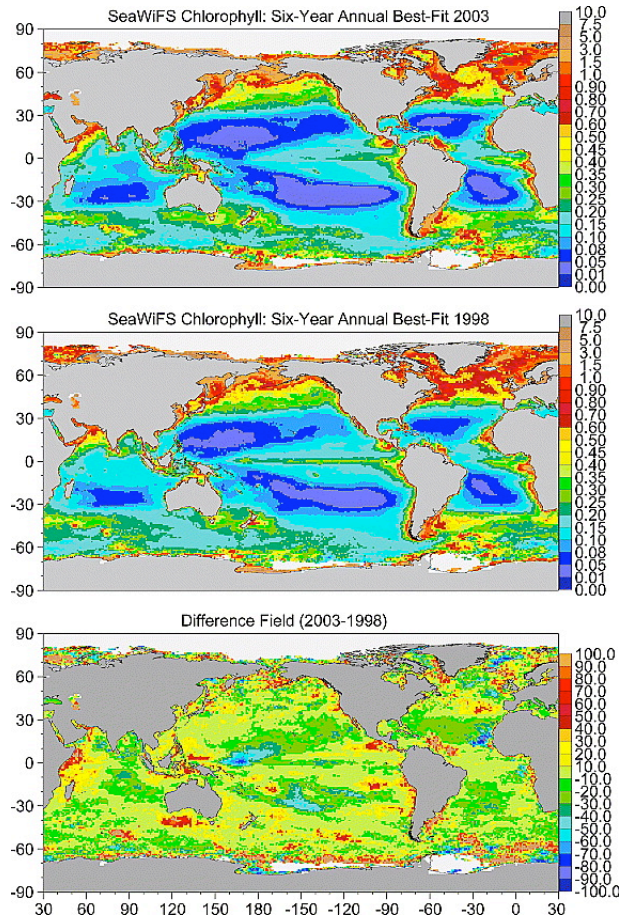


**diagnóstico** del descenso de clorofila en aguas oceánicas de Galicia

# evidencias del cambio climático

## efecto cascada sobre la producción primaria

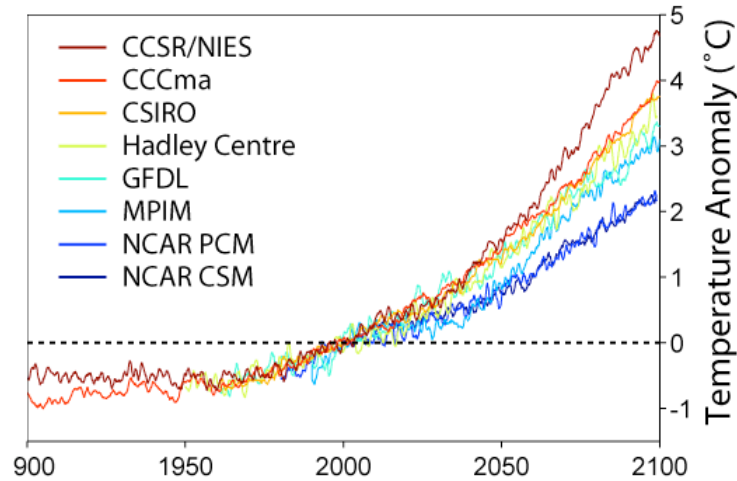
“El 90% de los recursos marinos explotables se extraen de las zonas costeras, donde la profundidad es inferior a los 200m” (FAO, 2004).



diagnóstico del aumento en la clorofila superficial en las zonas costeras

# evidencias del cambio climático

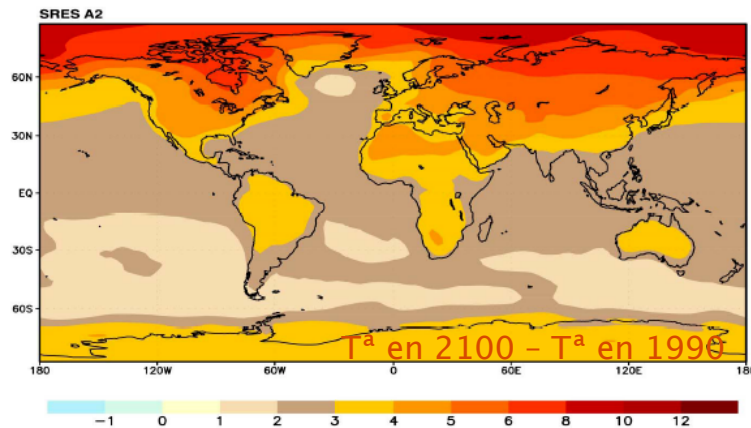
## efecto cascada sobre la producción primaria



“El incremento de temperatura sobre las masas continentales será entre un 30 y un 90% mayor que sobre el océano”

### Incremento de temperatura 2000- 2100 (°C)

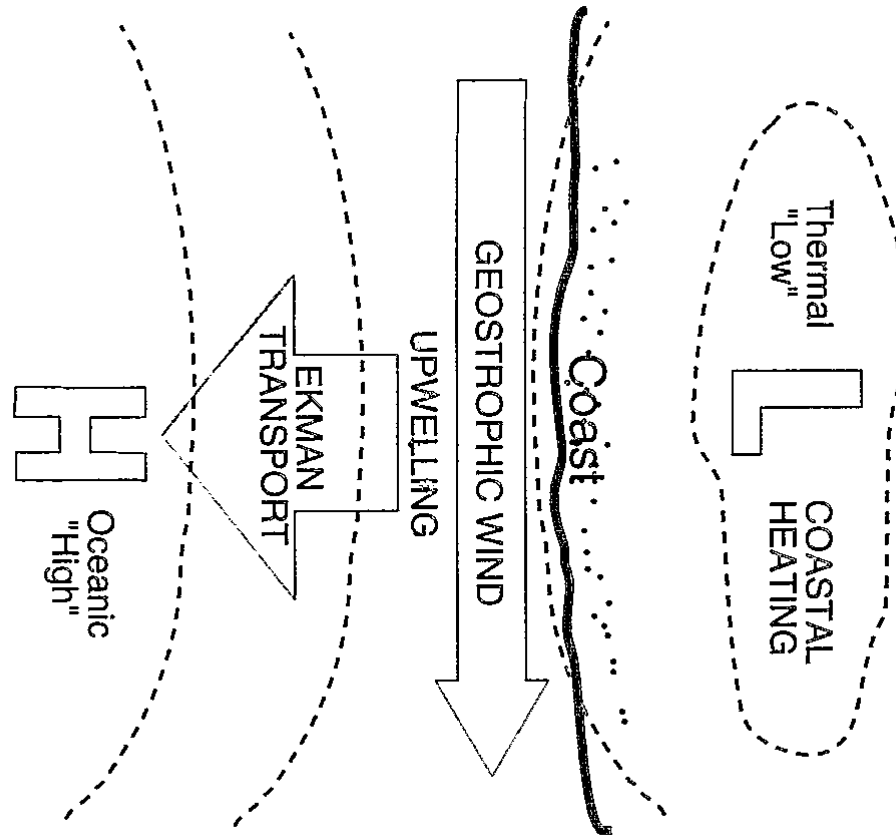
Modelo	total	tierra	océano
CCSR/ NIES	4.7	7.0	3.8
CCCma	4.0	5.0	3.6
CSIRO	3.8	4.9	3.4
Hadley Centre	3.7	5.5	3.0
GFDL	3.3	4.2	3.0
MPI-M	3.0	4.6	2.4
NCAR PCM	2.3	3.1	2.0
NCAR CSM	2.2	2.7	2.0



pronóstico del cambio en el régimen de vientos costeros

# evidencias del cambio climático

## efecto cascada sobre la producción primaria



diagnóstico del cambio en el régimen de vientos costeros



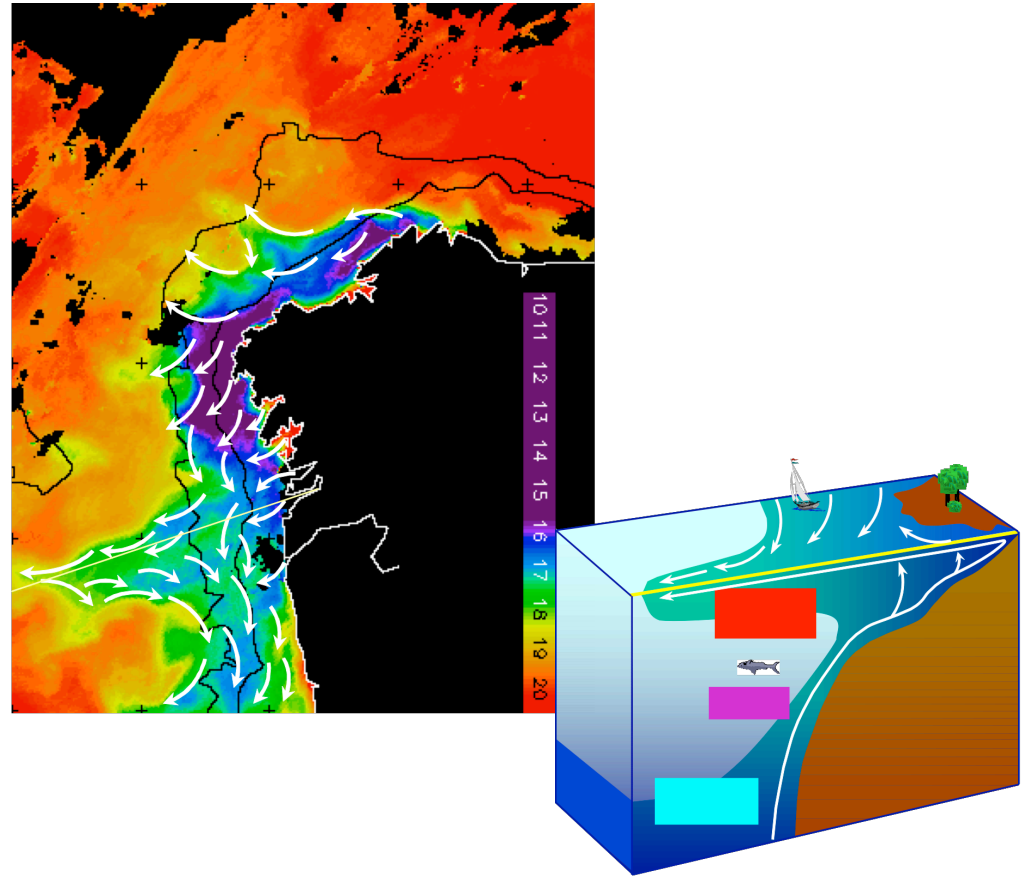
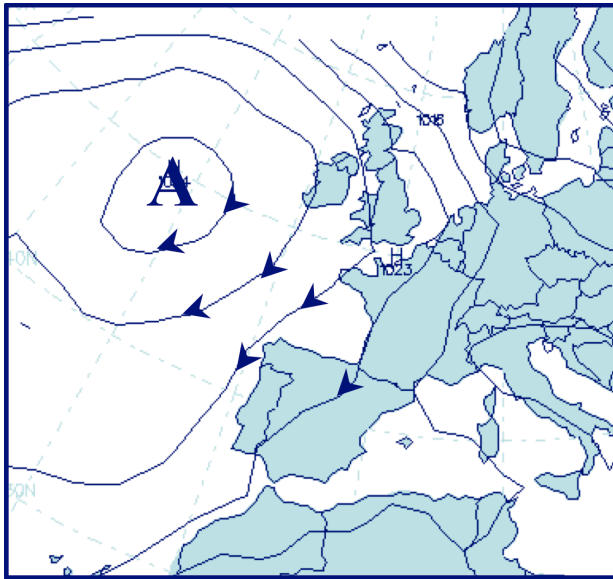
# evidencias del cambio climático

## efecto cascada sobre la producción primaria

**diagnóstico** del régimen de vientos costeros de Galicia: ciclo estacional

# evidencias del cambio climático

## efecto cascada sobre la producción primaria

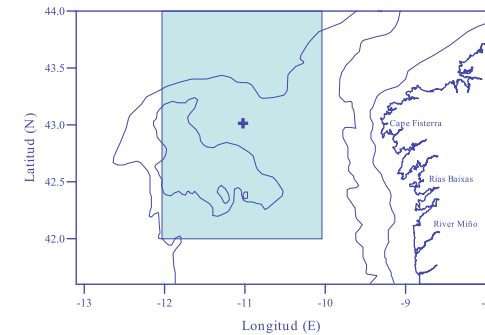
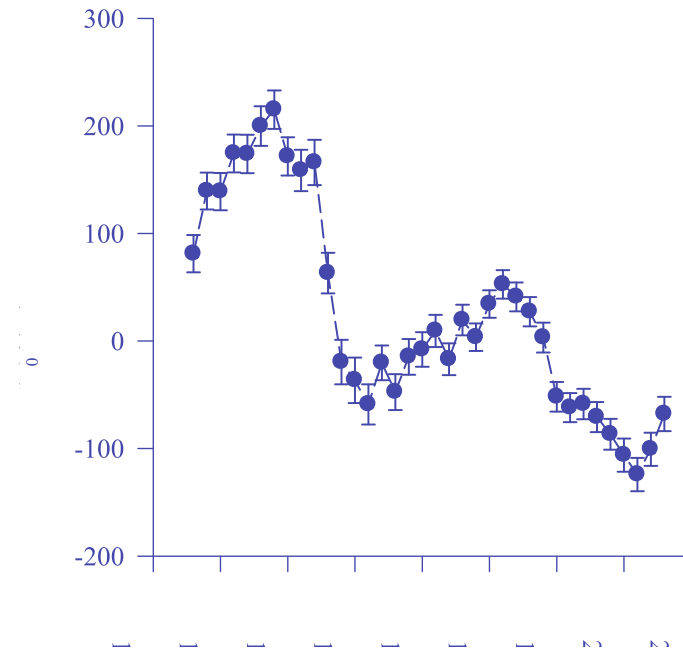


**diagnóstico** del régimen de vientos costeros de Galicia: afloramiento

# evidencias del cambio climático

## efecto cascada sobre la producción primaria

$$SC = A_0 + A_1 \times \sin(2 \times \pi \times t / 365 + \phi_1) + A_2 \times \sin(4 \times \pi \times t / 365 + \phi_2)$$



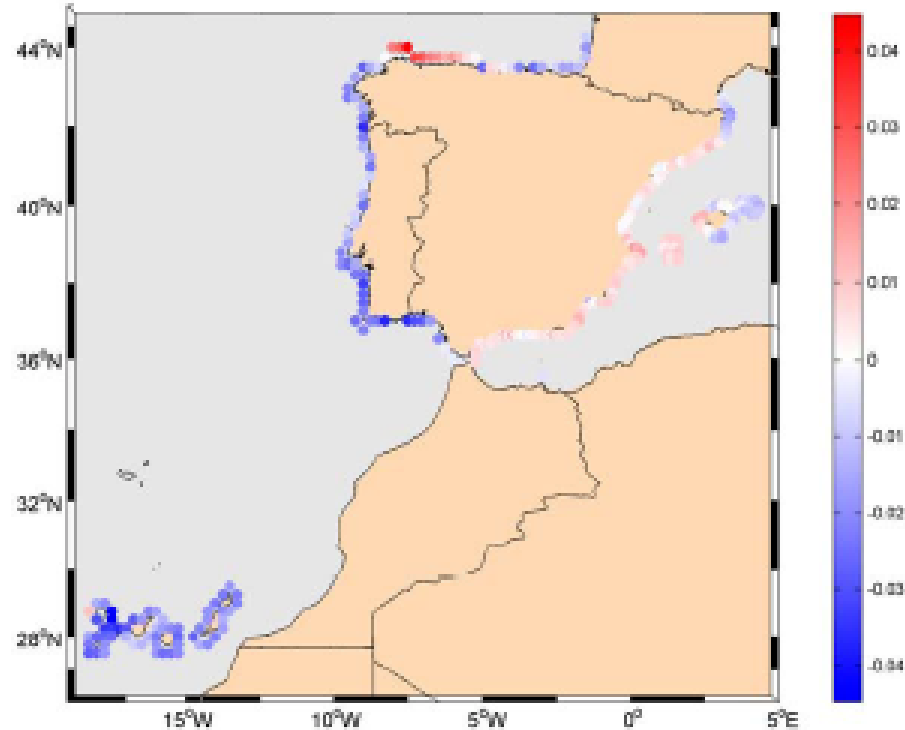
**diagnóstico** del régimen de vientos costeros de Galicia: cambios decadales

# evidencias del cambio climático

## efecto cascada sobre la producción primaria

Horizonte temporal 2050

Variación de la velocidad media del viento (m/s/año)

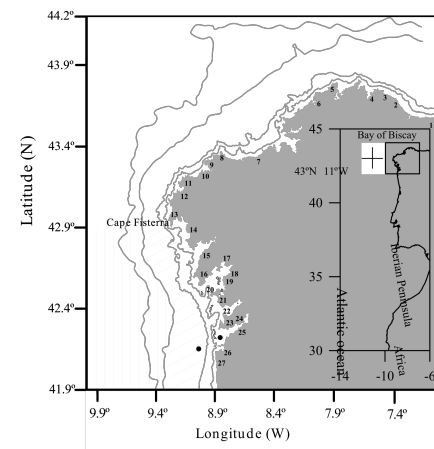
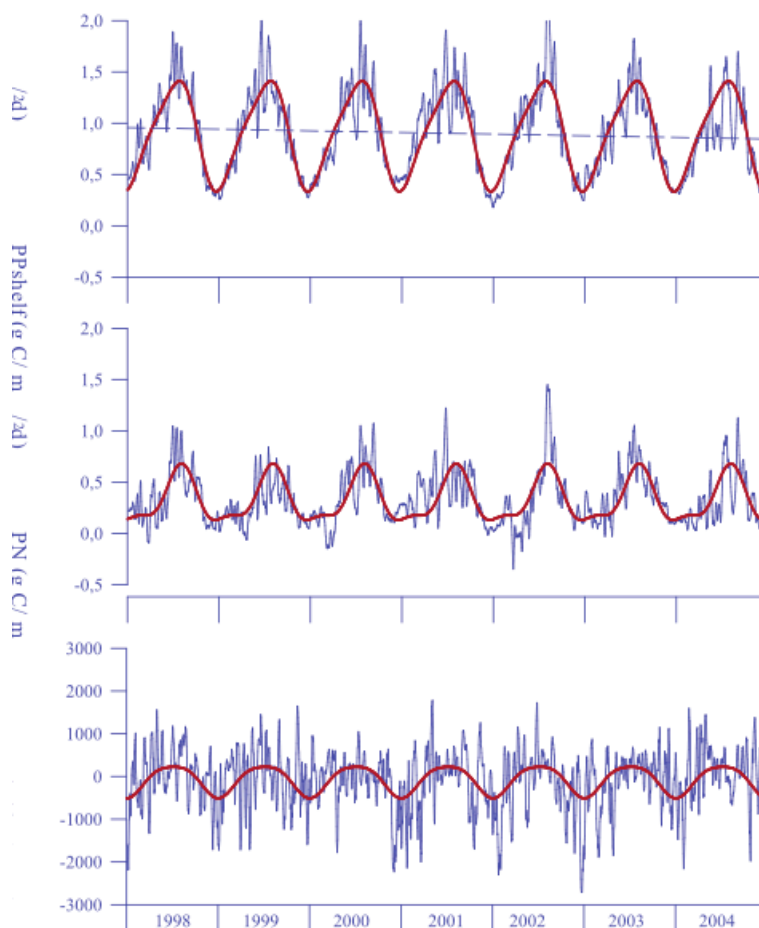


pronóstico del régimen de vientos costeros de Galicia

# evidencias del cambio climático

## efecto cascada sobre la producción primaria

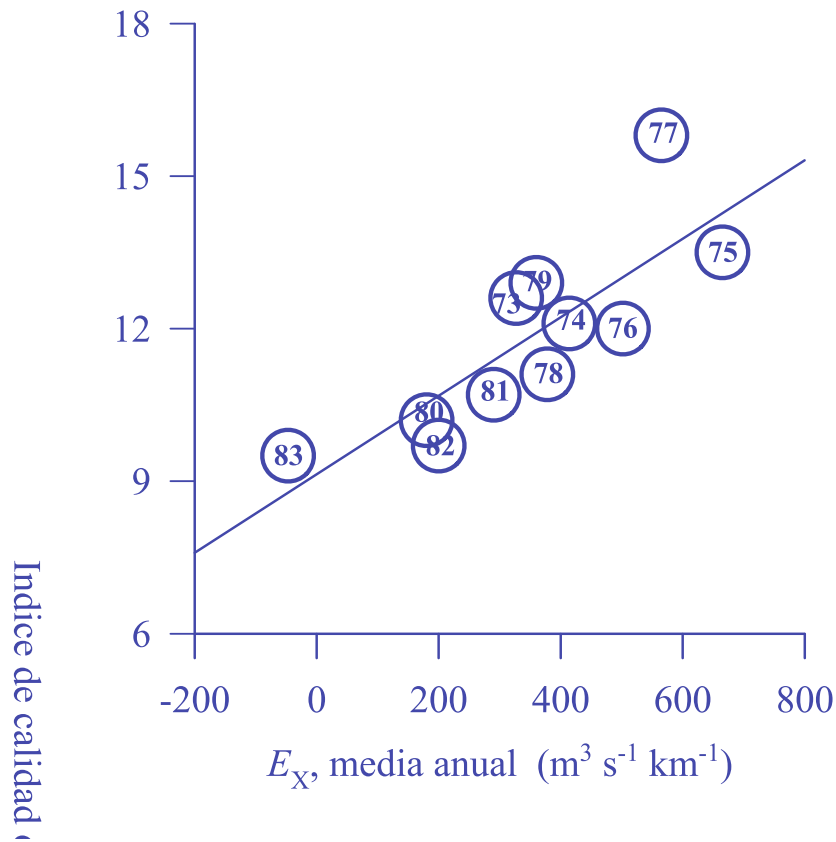
$-16 \pm 1$  (mg C/m<sup>2</sup>/d)/a  
4 %VAR



diagnóstico de la producción primaria en aguas costeras de Galicia Rías Baixas

# evidencias del cambio climático

## recursos explotables

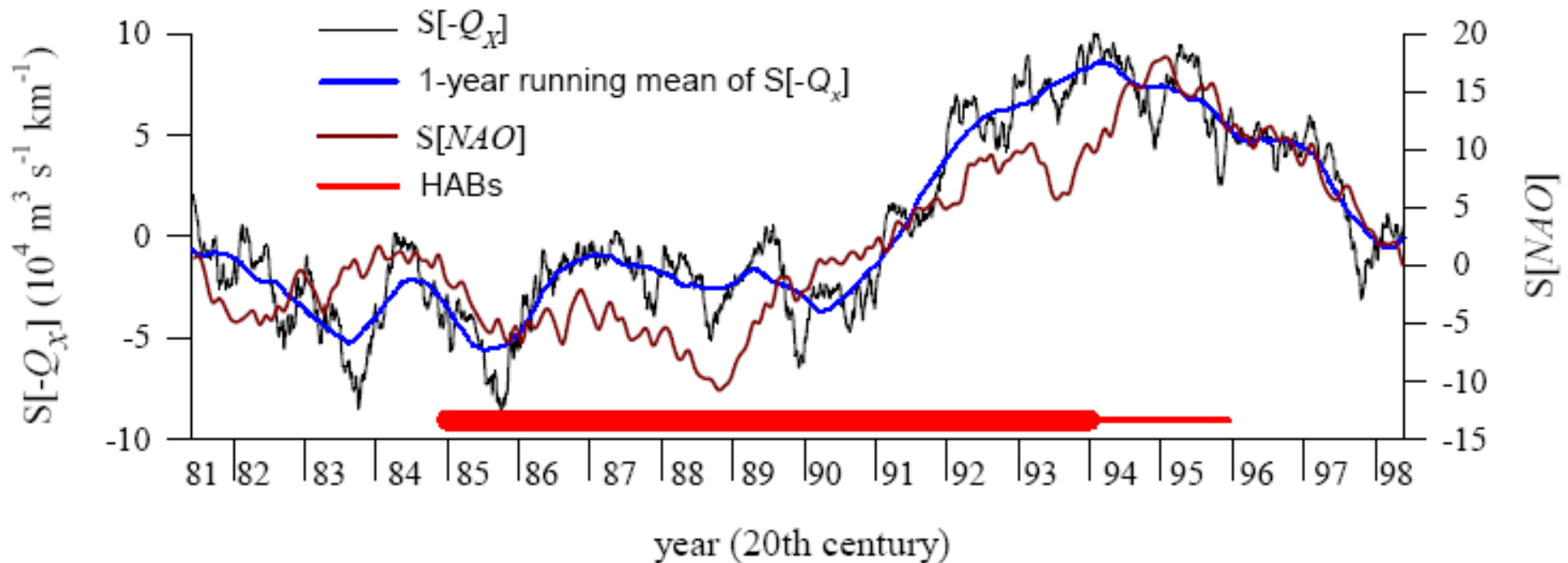


$$E_X = - \frac{\rho_{\text{aire}} \times C_D \times W_Y \times \sqrt{W_X^2 + W_Y^2}}{\rho_{\text{agua}} \times f}$$

a más viento del norte, mejor mejillón...

# evidencias del cambio climático

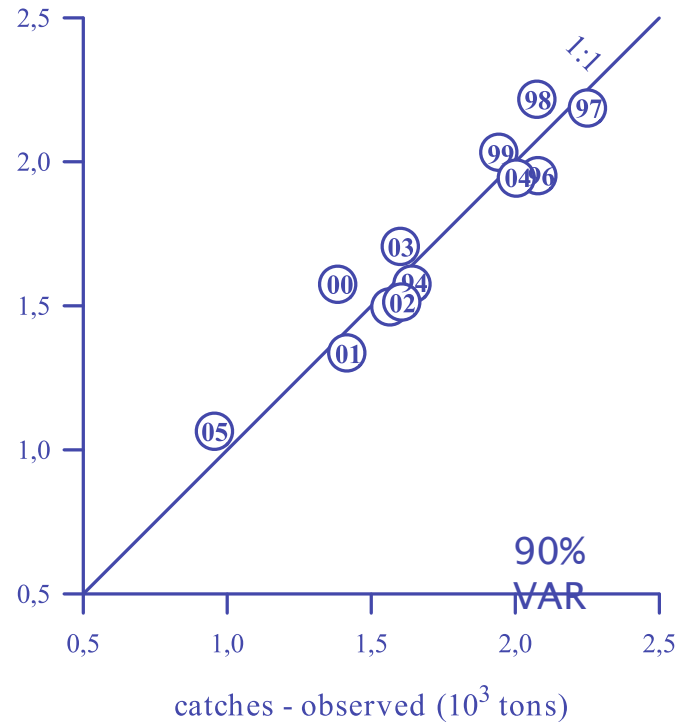
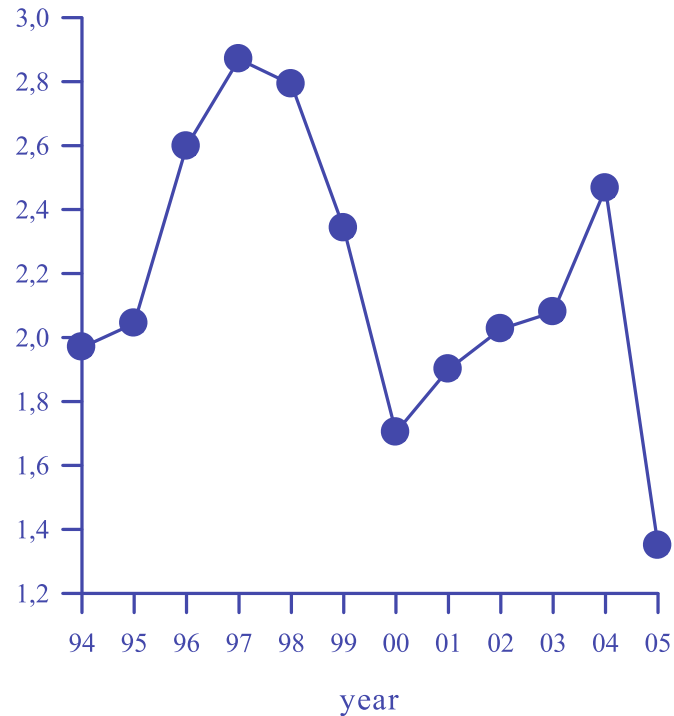
## recursos explotables



... y además, no solo importa la intensidad sino también la frecuencia

# evidencias del cambio climático

## recursos explotables

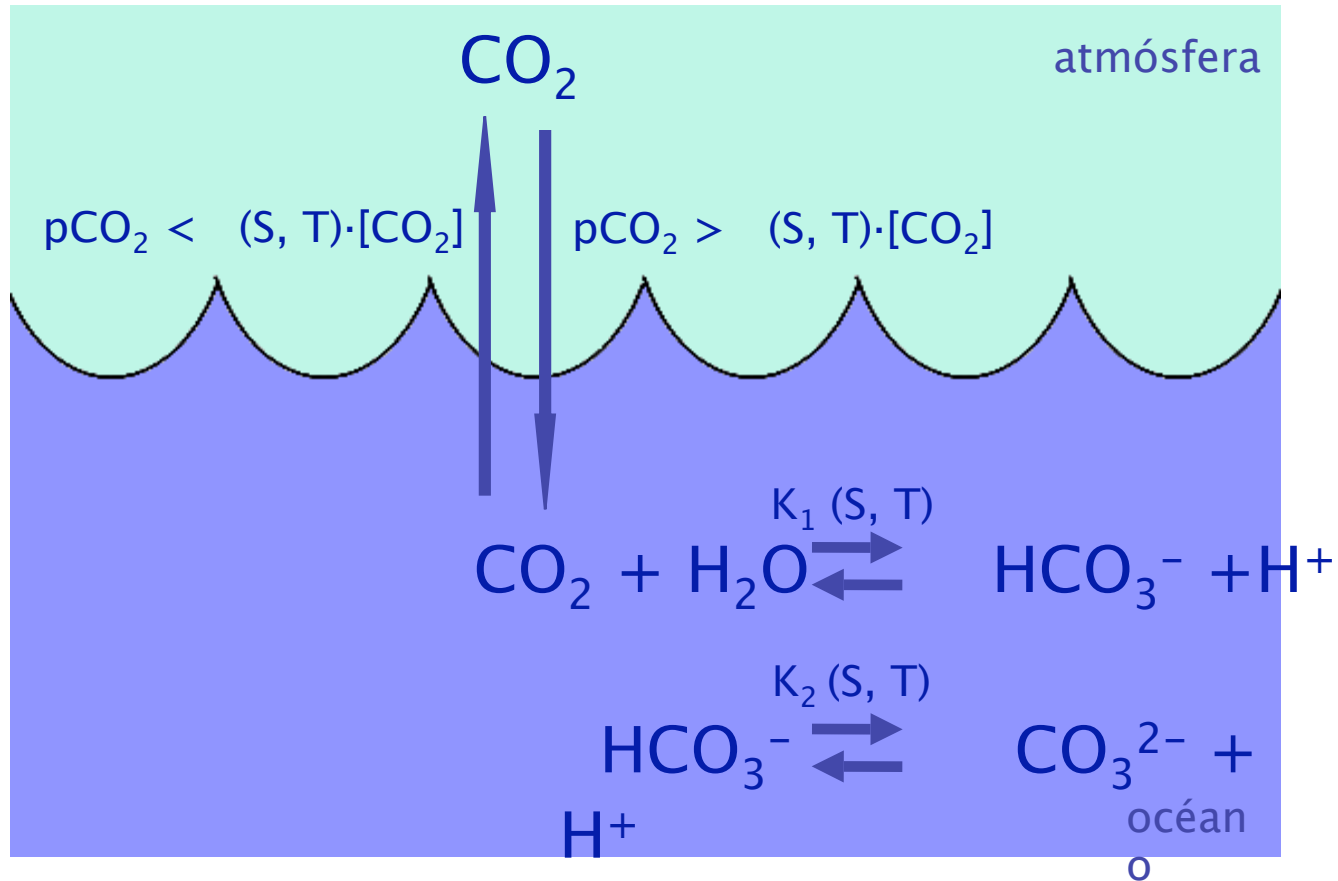


$$\text{Capturas} = a + b \times \text{Ex}_{AS} + c \times F[\text{Ex} > 500]_{AS} + d \times F(\text{Ex} < 500)_{OM}$$



# evidencias del cambio climático

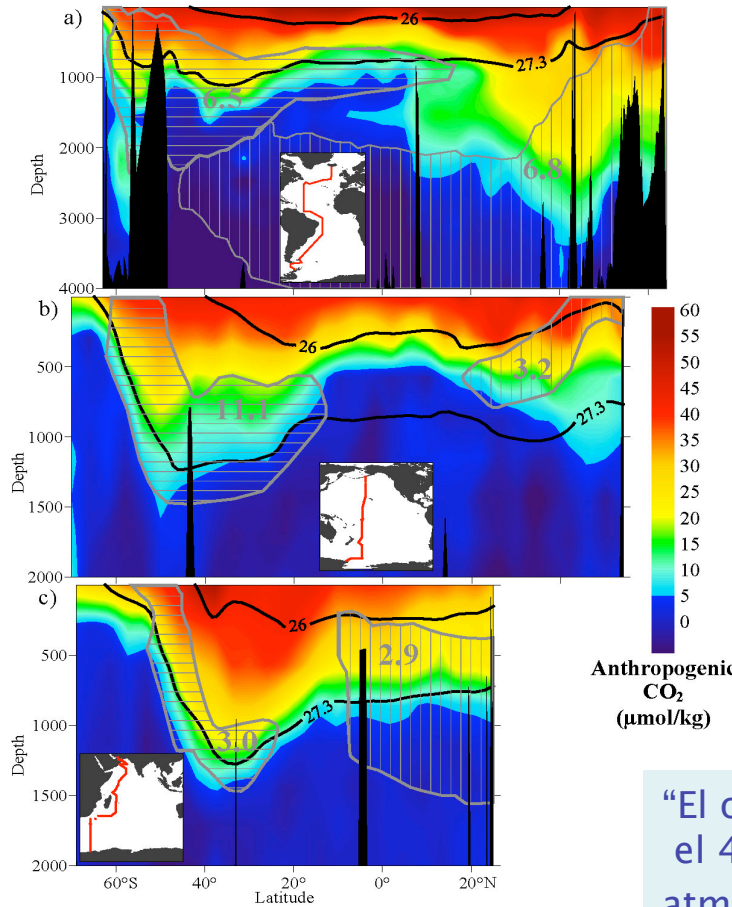
## acidificación de las aguas marinas



disolución de  $\text{CO}_2$  antropogénico en los océanos

# evidencias del cambio climático

## acidificación de las aguas marinas

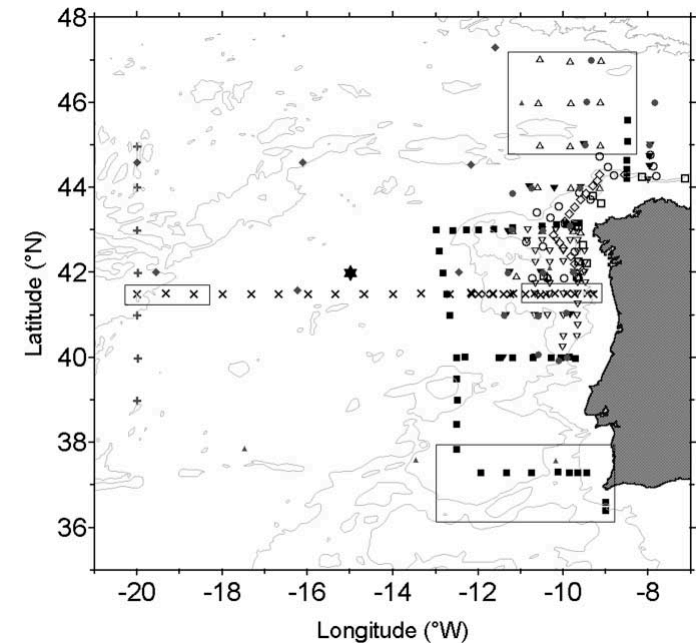
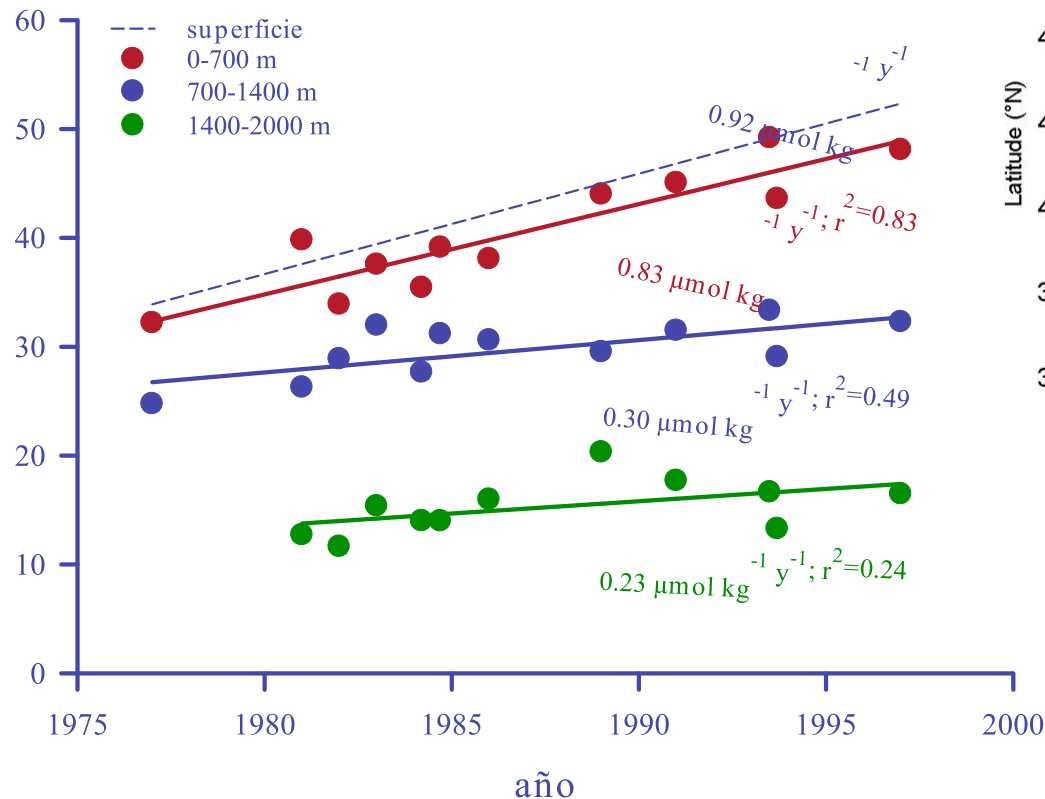


“El océano ha absorbido aprox. el 40% del CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera”

**Diagnóstico** de la disolución de CO<sub>2</sub> antropogénico en los océanos

# evidencias del cambio climático

## acidificación de las aguas marinas

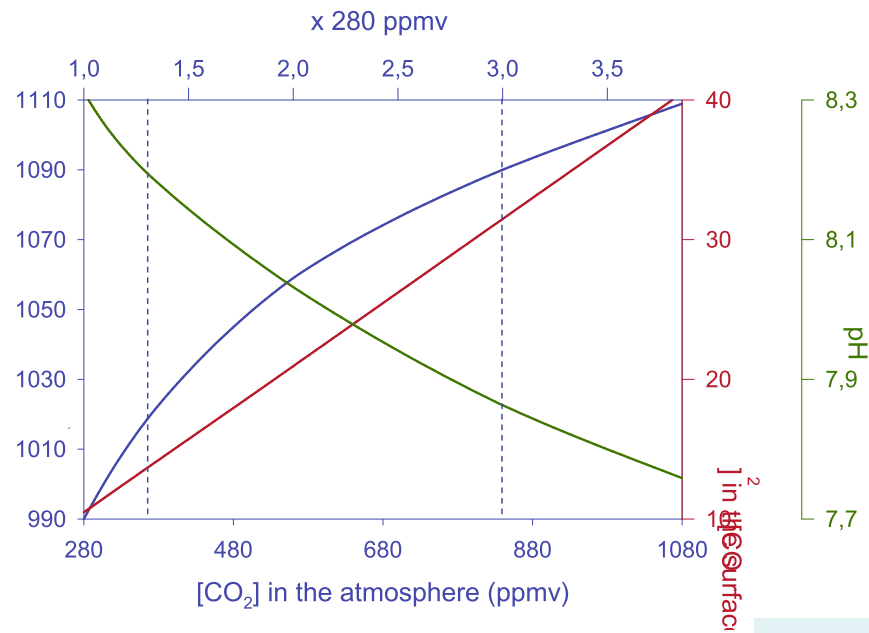


“La concentración de  $\text{CO}_2$  antropogénico en las aguas superficiales de Galicia se ha duplicado desde 1975”

Diagnostico de la disolución de  $\text{CO}_2$  antropogénico en las aguas marinas de Galicia

# evidencias del cambio climático

## acidificación de las aguas marinas



“Las aguas superficiales son actualmente un 25% más ácidas que en la era preindustrial y serán un 200% más ácidas a finales de este siglo”

Diagnóstico y pronóstico de la acidificación de las aguas superficiales

# evidencias del cambio climático

## acidificación de las aguas marinas






### Preindustrial (~1880) Surface Ocean Aragonite Saturation State

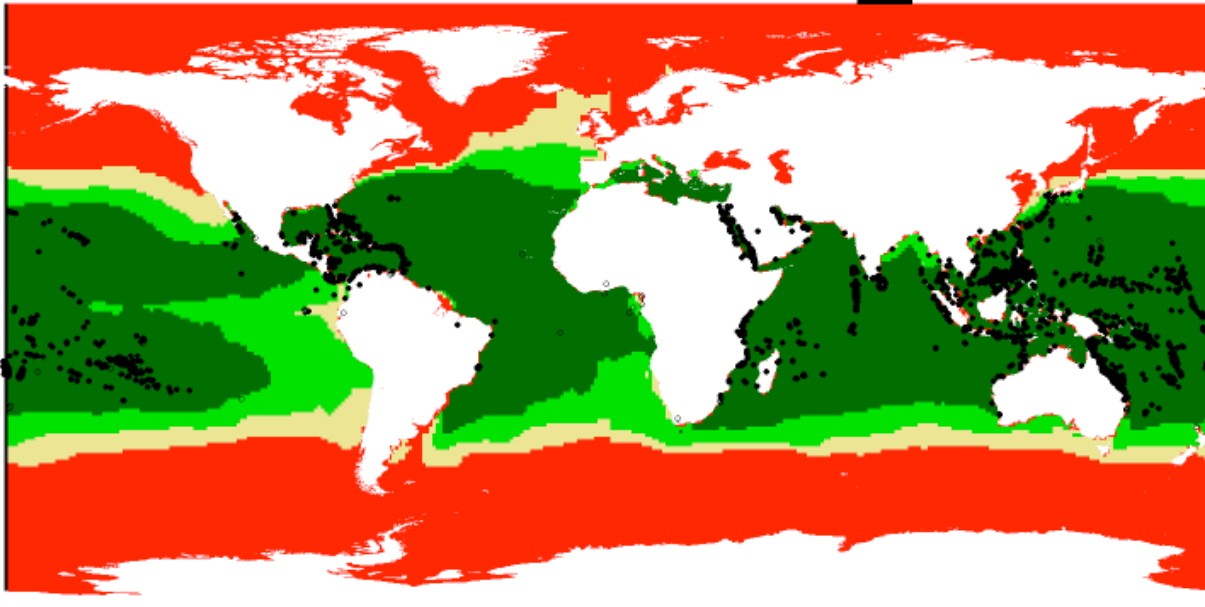
References: 5, 7

ReefBase.shp

- Coral Reef
  - Reef Community
- Country.shp

Saturation State Preindustrial

	> 4.0	Optimal
	3.5 - 4	Adequate
	3 - 3.5	Marginal
	< 3.0	Extremely Low
		No Data



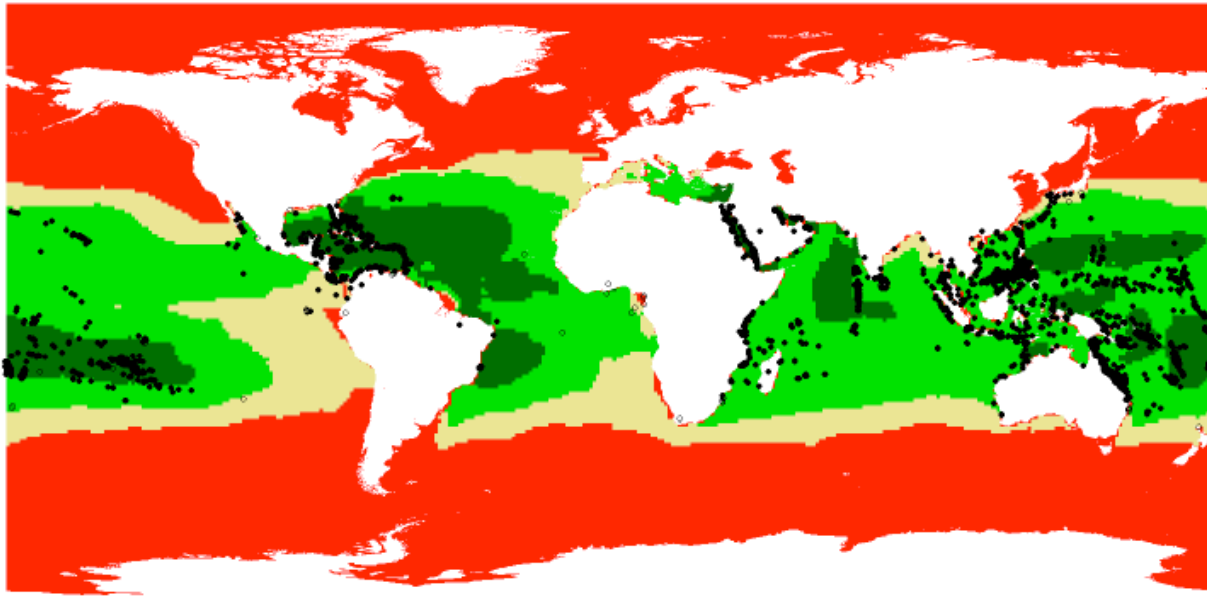
Diagnóstico de la descalcificación

# evidencias del cambio climático

## acidificación de las aguas marinas

### Present Surface Ocean Aragonite Saturation State

References: 5, 7



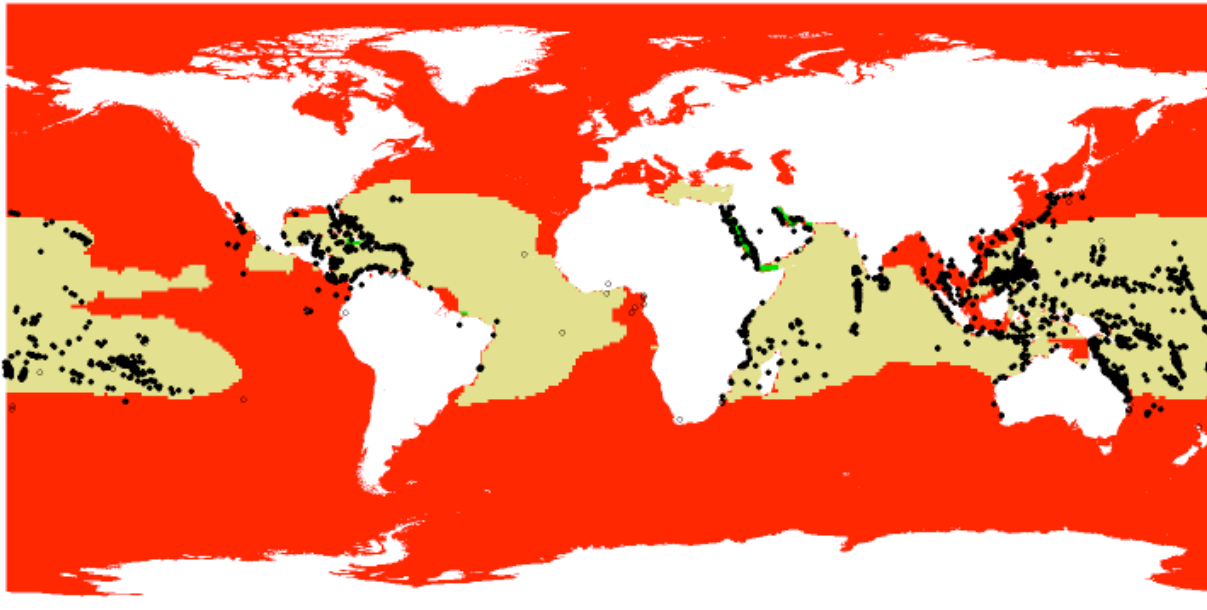
Diagnóstico de la descalcificación

# evidencias del cambio climático

## acidificación de las aguas marinas

Predicted Future (~2065) Surface  
Ocean Aragonite Saturation State

References: 5, 7

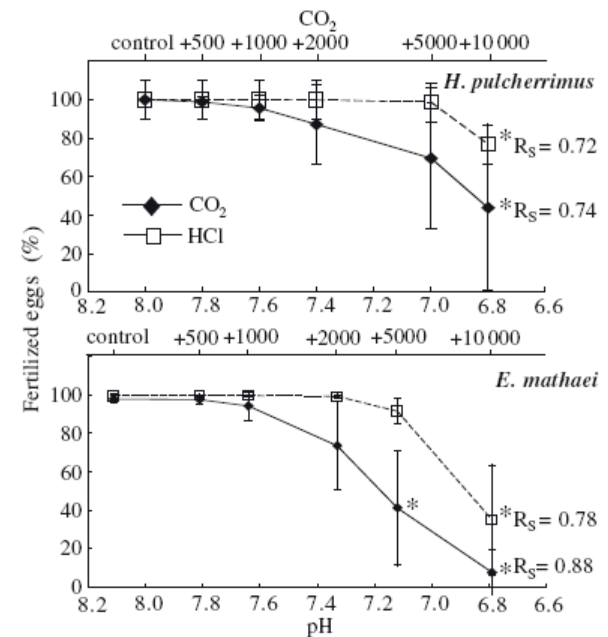
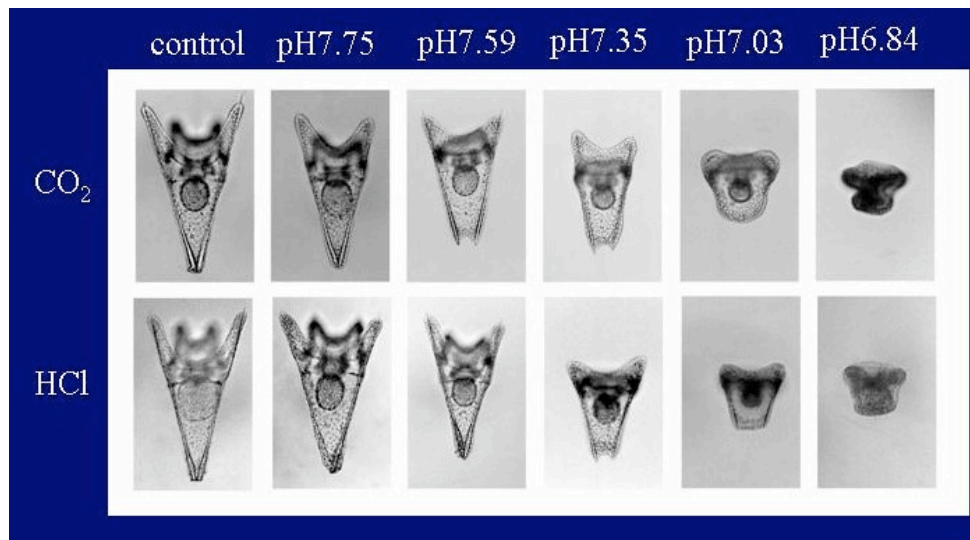


Pronóstico de la descalcificación

# evidencias del cambio climático

## acidificación de las aguas marinas

“La conselleira de Pesca destacou hoy el potencial productivo y económico del erizo del mar y estimó en 11.560 toneladas la cantidad de este crustáceo "infraexplotado" en las costas gallegas (El Progreso, 07/06/2006).



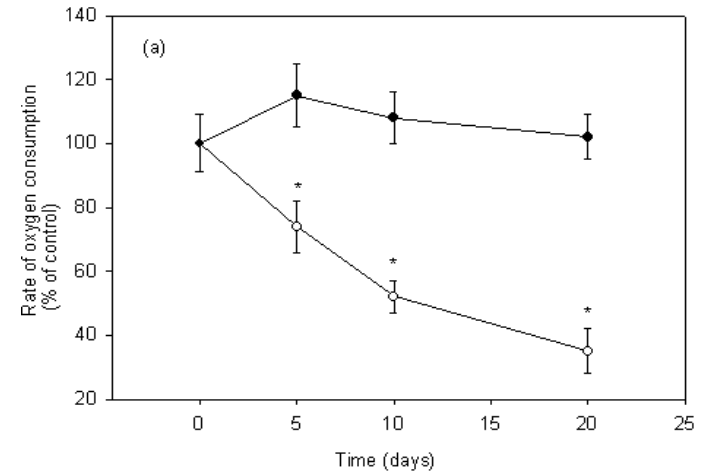
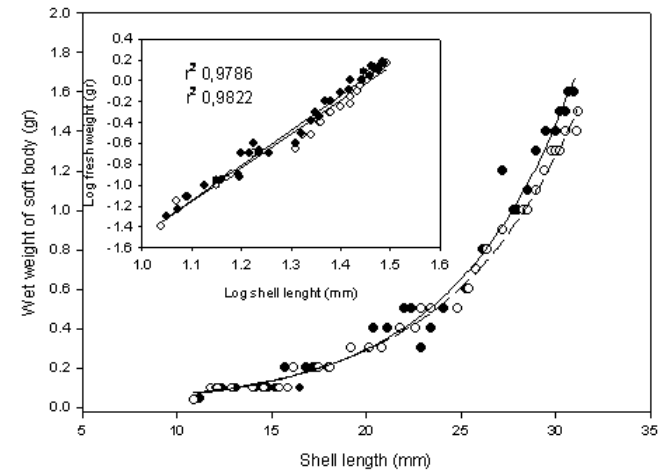
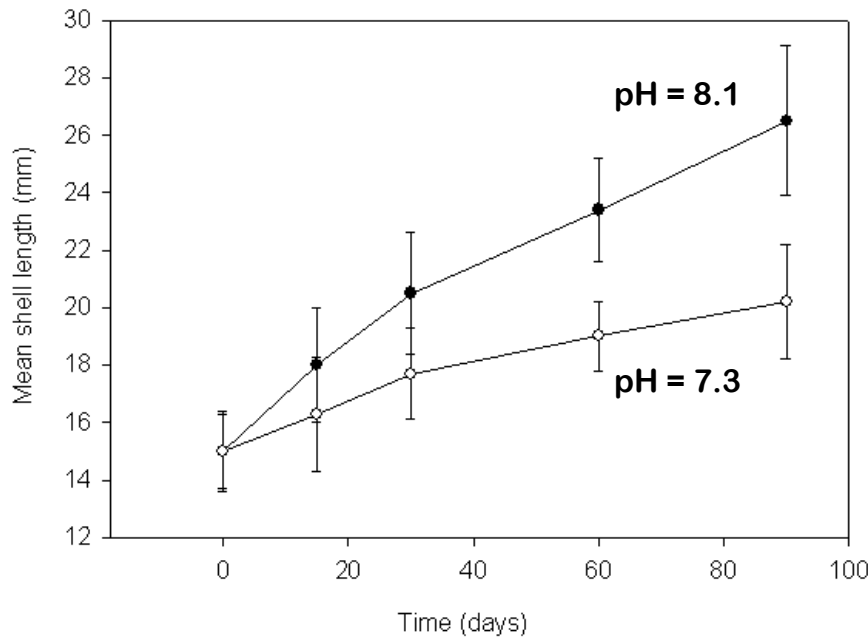
descalcificación en Galicia: el caso del erizo de mar



# evidencias del cambio climático

## acidificación de las aguas marinas

“El 40% del mejillón que se comercializa en Europa y el 15% en el mundo se cultiva en Galicia” (Labarta, 2004).



descalcificación en Galicia: el caso del mejillón *Mytilus galloprovincialis*

# consecuencias del cambio climático

## el efecto cascada

