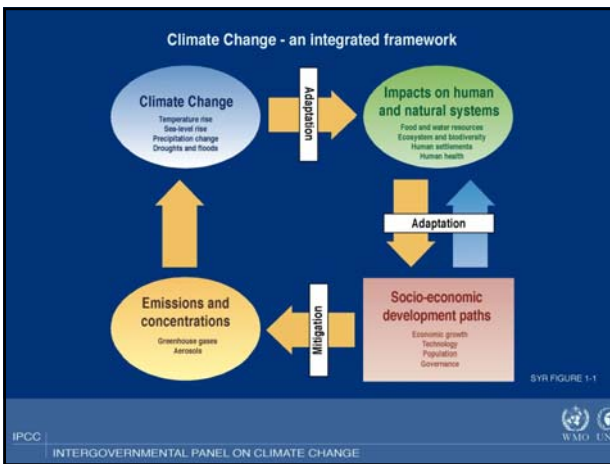
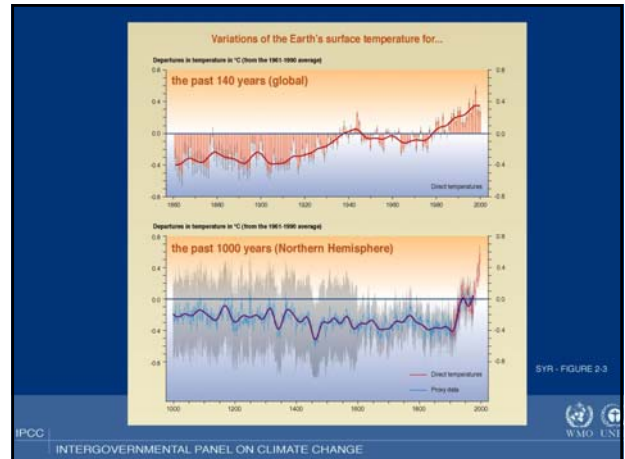


Els efectes directes i indirectes del canvi climàtic a la Mediterrània

Joandomènec Ros
 Departament d'Ecologia
 Universitat de Barcelona
 2007

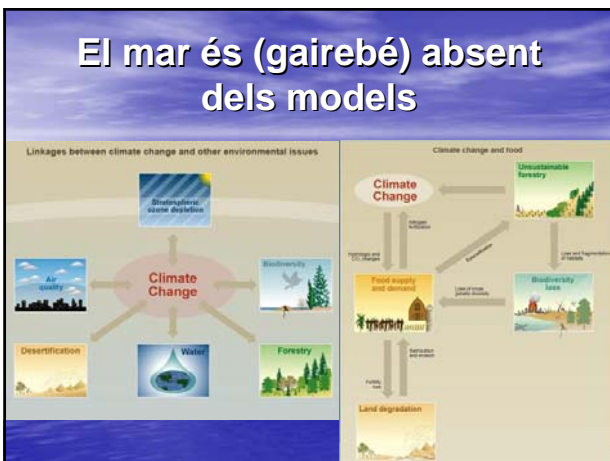
IECentany 19072007

Generalitat de Catalunya
 Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible



Ha costat, però ara ens ho creiem

El punt d'inflexió ha estat segurament l'informe Stern (2006)



Moltes notícies sobre el mar i el canvi climàtic...

- Sentinels for a lost world
Fewer penguin chicks are being born or are surviving as climate change ruins their environment
- Warming *May Be* Hurting Gray Whales' Recovery
- Melting ice opens up Arctic passage
- Greenland's Melting Ice Sheet *May* Speed Rise in Sea Level

...algunes d'elles contradictòries

- Oceans are 'soaking up less CO₂'

The amount of carbon dioxide being absorbed by the world's oceans has reduced

O potser no?

LA ACIDEZ CAMBIANTE DE LOS OCEANOS

Mediciones efectuadas en las 150 estaciones oceanicas de las zonas libres de la red mundial de observacion muestran que el pH medio en las aguas superficiales de los oceanos disminuye en las zonas libres.

Between the Devil and the deep blue sea!

Tot just comencem a saber-ne quelcom

Coping with Global Change in marine social-ecological systems

FAO, Rome, Italy, July 2008.

Hi ha encara moltes incerteses, més que en els ambients terrestres

Per això presentaré:

- generalitats;
- possibles amenaces per a la Mediterrània;
- casos concrets que podrien deure's al canvi climàtic

**Inter-Research Symposium # 2
Effects of Climate Change on Marine Ecosystems**

TIPUS D'IMPACTES

	SOBRE EL MEDI FÍSIC I EL PAISATGE	SOBRE LA BIOTA I LES COMUNITATS
DIRECTES, IMMEDIATS		
INDIRECTES, MEDIATS		

L'augment del nivell del mar

Sea level rise due to global warming

Sea level rise over the last century

Figure 9.4 Change in sea level during the last century (Gornitz et al. 1982), indicating the proportion due to thermal expansion of the oceans and that due to melting of glaciers. From the (1996) after: Meier (1984), Copernicus 1984 by the A.A.A.S.

Source: Climate Change 1995, The science of climate change, contribution of working group I to the second assessment report of the Intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge University press, 2006. Sea level rise over the last century, adapted from Gornitz and Schubert, 2007.

What causes the sea level to change?

Terrestrial water storage, extraction of groundwater, building of reservoirs, changes in runoff, and seepage into aquifers

Surface and deep ocean circulation changes, storm surges

Subsidence in river delta region, land movements, and tectonic displacements

As the ocean warms, the water expands

Exchange of the water stored on land by glaciers and ice sheets with ocean water

IPCC WMO-UNEP

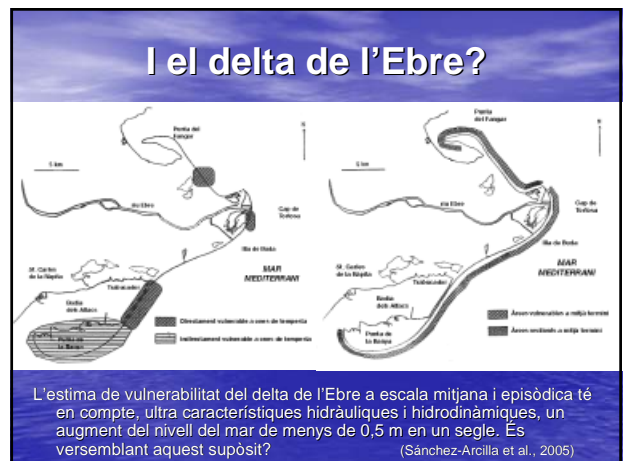
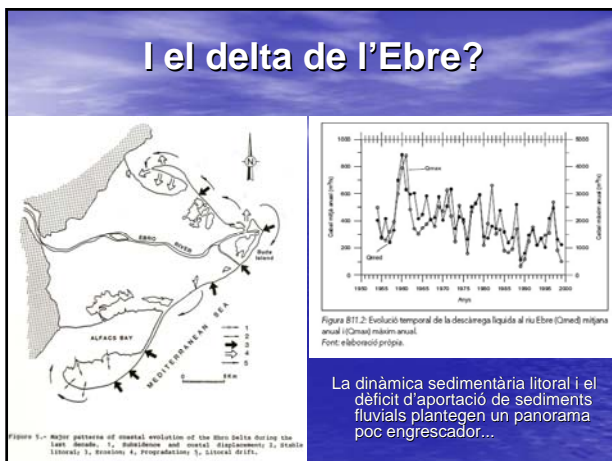
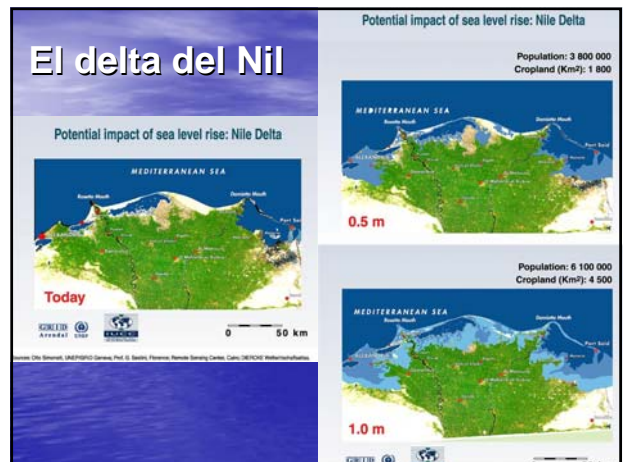
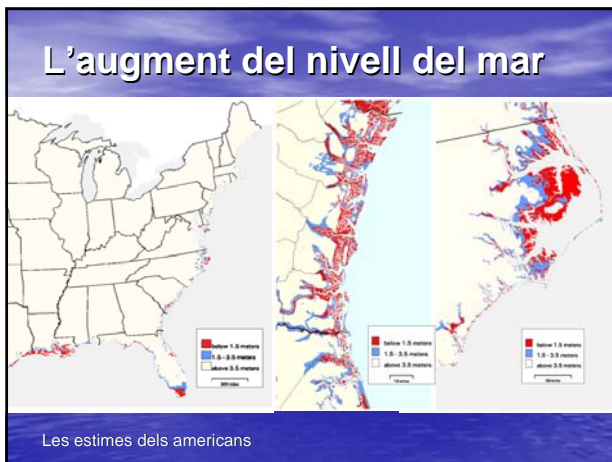
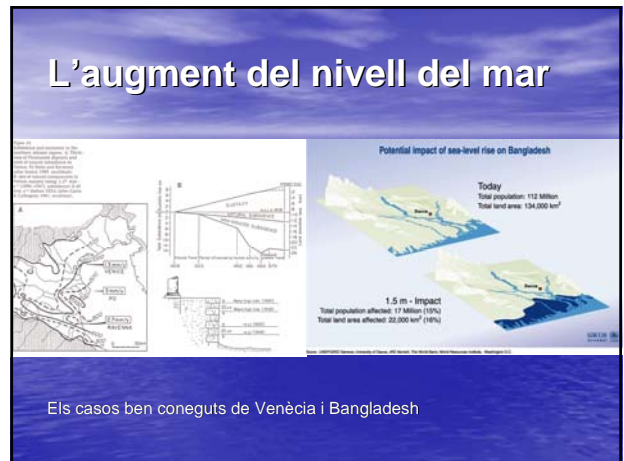
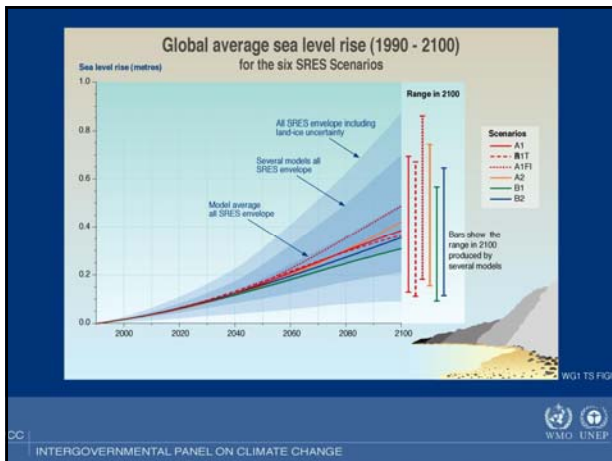
Relative sea level over the last 300 years

Amsterdam

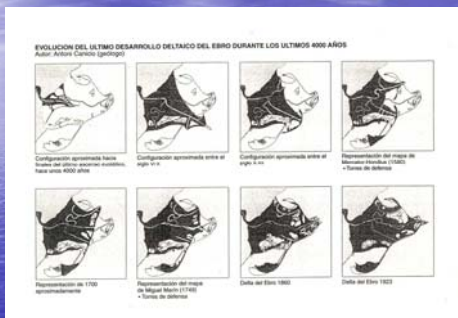
Brest

Swinoujscie

IPCC WMO-UNEP



I el delta de l'Ebre?



Sempre ens quedarà el consol històric...

I en altres sectors del litoral?



Imagieu un escenari futur amb el nivell del mar 0,5 o 1 m més alt?

I en altres sectors del litoral?



Inversions bil·lionàries en nom del turisme i el lleure poden anar-se'n en orris per una planificació a curt termini



Pèrdues de serveis ecosistèmics

A més de les pèrdues quantitatives de litoral hi ha les qualitatives: estuaris, maresmes i aiguamolls són veritables filtres de les aigües continentals que arriben a mar, així com comunitats generadores de bona part de la producció primària litoral, a les que cal afegir-hi els herbis de fanerògames marines



Efectes del canvi climàtic en els ecosistemes

Projected Impacts of Climate Change					
Global temperature change (relative to pre-industrial)					
0°C	1°C	2°C	3°C	4°C	5°C
Food	Falling crop yields in many areas, particularly developing regions	Possible rising yields in some high latitude regions	Falling yields in many developed regions		
Water	Small mountain glaciers disappear - water supplies threatened in several areas	Significant decreases in water availability in many areas, including Mediterranean and Southern Africa	Sea level rise threatens major cities		
Ecosystems	Extensive Damage to Coral Reefs	Rising number of species face extinction			
Extreme Weather Events	Rising intensity of storms, forest fires, droughts, flooding and heat waves				
Risk of Abrupt and Major Irreversible Changes	Increasing risk of dangerous feedbacks and abrupt, large-scale shifts in the climate system				

Efectes del canvi climàtic en els ecosistemes marins

SOBRE EL MEDI FÍSIC I EL PAISATGE:

Temperatura
Nutrients
Règims de vents i de corrents

SOBRE LA BIOTA I LES COMUNITATS

Canvis en els patrons de distribució

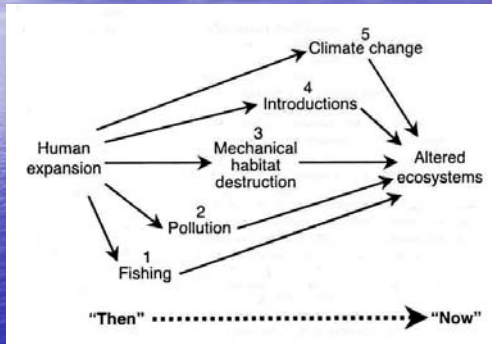
Estrès fisiològic, Malalties, Episodis de mortalitat en massa

Canvis en la fenologia
Adaptació *in situ*

Canvis en l'organització de la comunitat:
Efectes sobre la biodiversitat

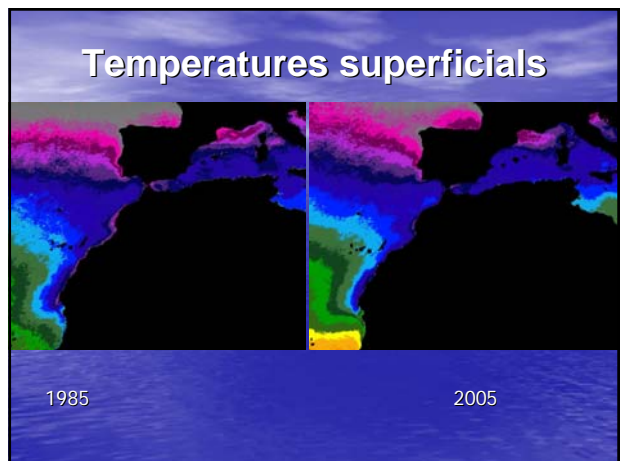
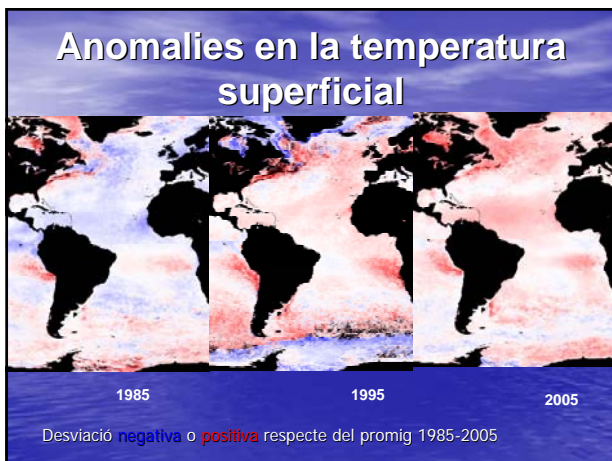
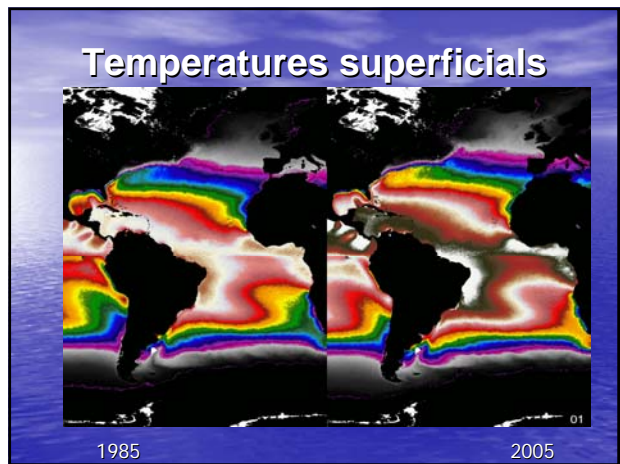
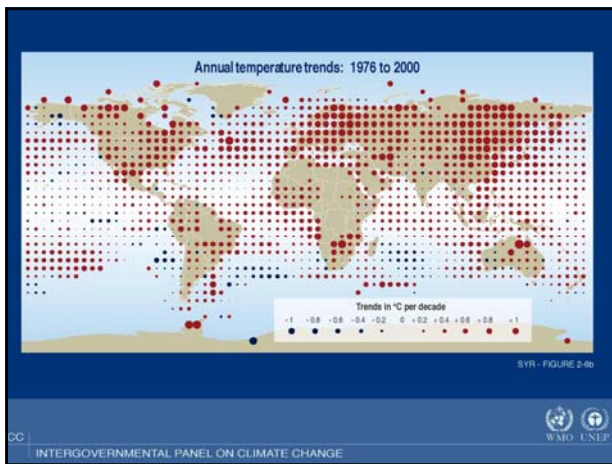
(Modificat d'Hughes 2000)

Sinergies entre diferents impactes

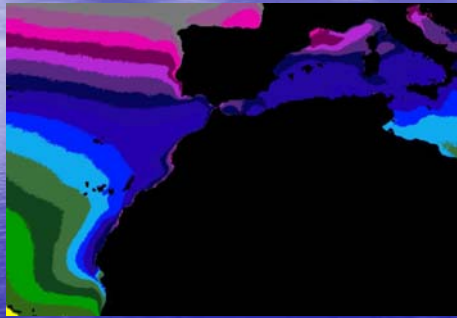


Un problema biològic (i social) d'origen múltiple

The infographic, titled "La medusa", explains the biological and social aspects of jellyfish blooms. It includes sections on "Las especies más frecuentes" (most frequent species), "La medusa" (biology and life cycle), and "Las causas ambientales" (environmental causes). It also features a section on "Las primeras medusas llegan a Ceuta, Murcia y Málaga" (the first jellyfish arrive in Ceuta, Murcia, and Málaga), noting that warmer currents push animals towards the coast.

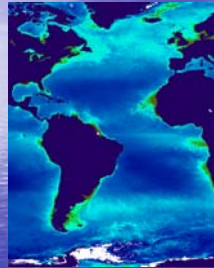


Temperatures superficiales

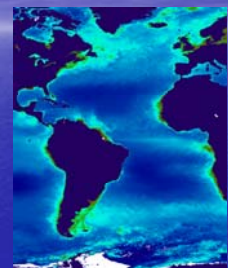


Promig 1985-2005

Clorofil·la superficial



1998



2006

Anomalies en la clorofil·la



1998



2006

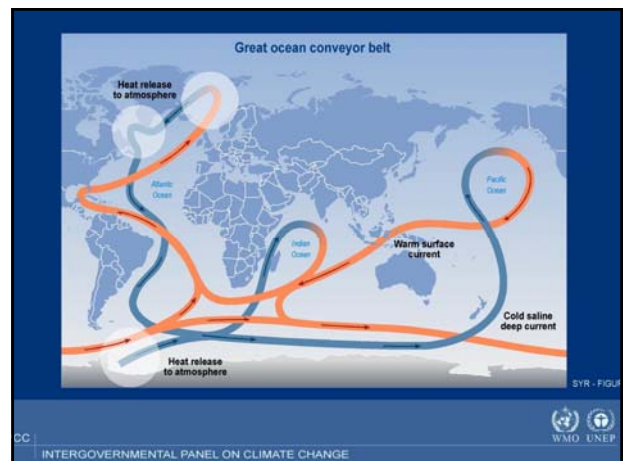
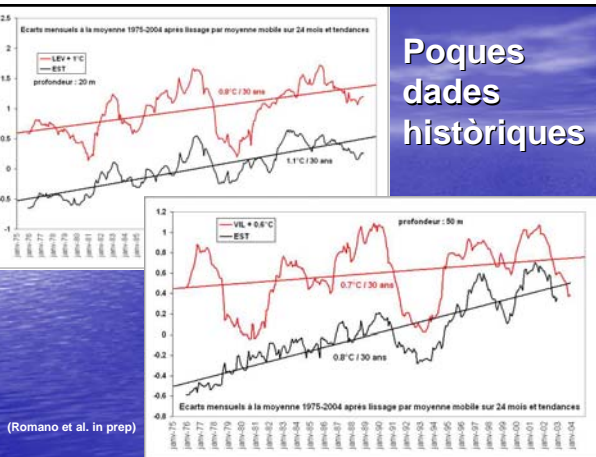
Poques dades històriques

Anàlisi de sèries de temperatura d'aigües costaneres (> 30 anys)



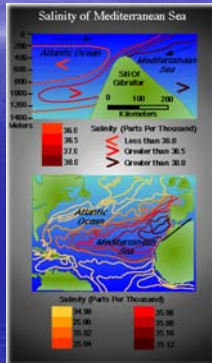
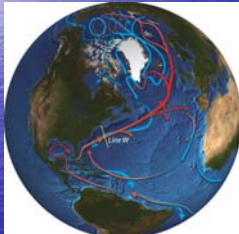
Medes J. Pascual Levant Marina Francesa Vilafranca SOMLIT
Servei observació francès

Poques dades històriques



Es veurà afectada, la circulació de la Mediterrània?

I, amb ella, la sortida d'aigua salada per Gibraltar, l'efecte d'aquesta sobre els corrents del Golf, de Canàries, d'Irmingier, etc.?



Hi ha "tropicalització" de la biota?



Poques dades, però a Catalunya hom troba espècies subtropicals (*Parablennius pilicornis*, *Scorpaena maderensis*) i altres que han ampliat la seva àrea de distribució (*Thalassoma pavo*, *Xirichthys novacula*). A Balears hi ha més espècies de peixos i d'algues invasores (*Asparagopsis taxiformis*, *Womersleyella setacea*, *Lophocladia lallemantii*, *Caulerpa racemosa*, *Caulerpa taxifolia*, *Acrothamnion preissii*), que dominen en algunes comunitats



Hi ha "tropicalització" de la biota?



Les àrees litorals tancades (ports, llacunes, etc.), amb aigües més càlides, són reservoris d'espècies d'afinitats tropicals, que podran ocupar àrees més extenses (cas d'*Oculina patagonica*)

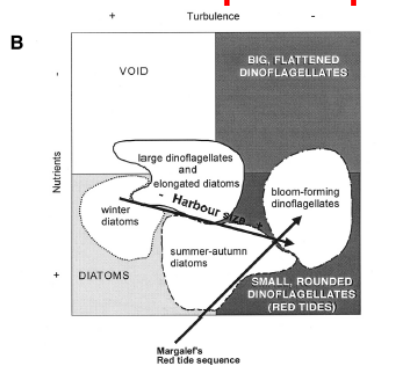


Hi ha "tropicalització" de la biota?

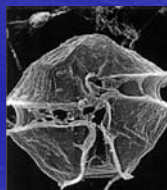
Les entrades a mar d'aigua sobrecalfada, procedent dels sistemes de refrigeració de centrals tèrmiques i nuclears, són també nuclis potencials de dispersió d'espècies termòfiles, però la inèrcia tèrmica del mar és molt gran



Més dinoflagel·lats tòxics i altres espècies productores d'HAB



(Vila & Masó, 2005)



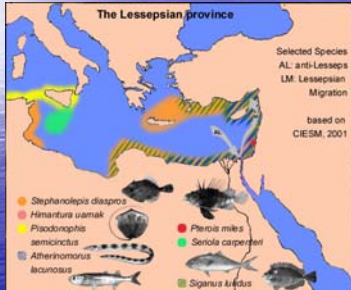
Barreres osmòtiques que cauen

La construcció del Canal de Suez fa segle i mig ha connectat dues àrees marines abans separades. Però no són només els vaixells els que utilitzen aquesta nova via navegable per desplaçar-se entre la mar Roja i la Mediterrània

L'ampliació del calat ha fet baixar la salinitat elevada que era una barrera al pas d'organismes...



Barreres osmòtiques que cauen

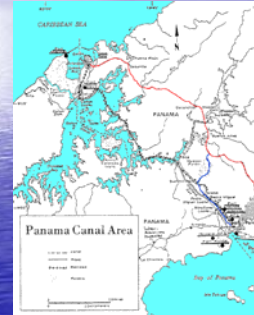


...i s'ha produït l'anomenada migració lessepsiana: la invasió de la Mediterrània oriental per moltes espècies indopacífiques, més competitives i expansives

Algunes ja han arribat a les illes Balears...

...i se seguiran expandint si augmenta la temperatura de l'aigua

Barreres osmòtiques que cauran?

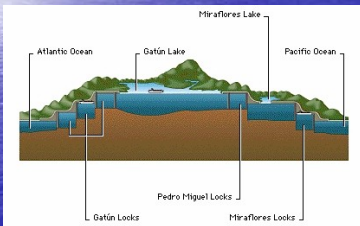


Una situació similar no s'ha donat en el Canal de Panamà, que travessa terres d'elevada pluviositat i llacs d'aigua dolça...



Barreres osmòtiques que cauran?

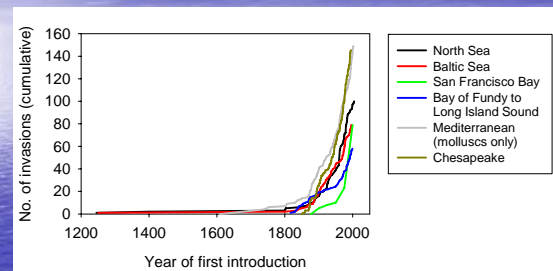
...i ha de superar desnivells mitjançant l'ús d'escluses, que retarden la travessa. La barrera osmòtica entre províncies biogeogràfiques és ben funcional, tant pels organismes que naden activament com pels que s'enganxen a les carenes dels vaixells... per ara



Però si es reconstrueix a nivell del mar, pot passar de tot, literalment



Un nombre creixent d'invasors



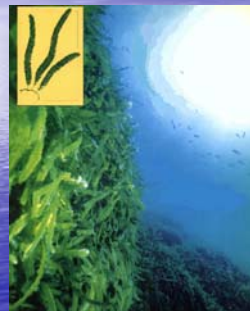
(Lotze et al. in prep)

De vegades l'invasor és del veïnat...

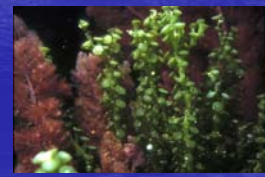
És coneguda la invasió del Mediterrani occidental per *Caulerpa taxifolia*, una espècie d'alga tropical "escapada" de l'Aquari de Mònaco i mutada, que s'està expandint i aniquilant herbeis sencers de *Posidonia oceanica* i altres comunitats bentòniques litorals molt biodiverses



...però no serà el darrer



No és tan conegut que a l'"alga assassina" li han sortit competidores encara més perilloses, d'origen lessepsiana... i a aquestes en succeiran d'altres



Hi ha "tropicalització" de la biota?



Però, què passa amb les espècies d'origen boreal que ara ja estan acantonades en aigües profundes? Les "faunes fredes" no tenen mal parat

Buccinum undatum, *Platichthys flesus*, *Cyprina (Arctica) islandica*, *Raja clavata*, etc.



La reproducció del nero...

...en la Costa Brava

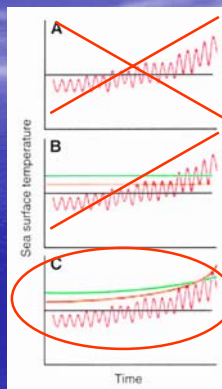
(Zabala et al., 1997a, b)



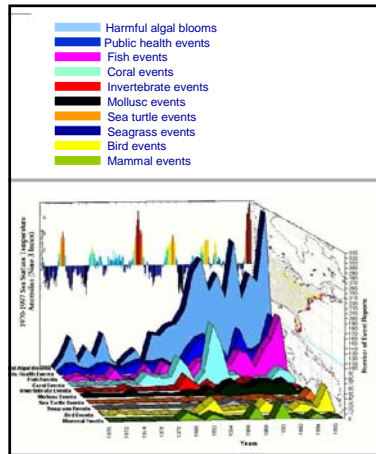
Respostes adaptatives al canvi

La resposta de les diferents espècies dependrà de si són molt rígides pel que fa a requeriments tèrmics (o altres, A), si la biota conté almenys algunes espècies capaces d'acceptar canvis (B), o si les diferents espècies són capaces d'adaptar-se als canvis

(Hughes et al. 2003)



Augment de tot tipus d'episodis catastròfics



(Heed, 1998)

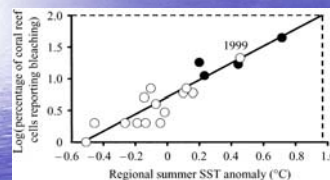
Escalfament dels oceans i augment de malalties i mortaldats en massa



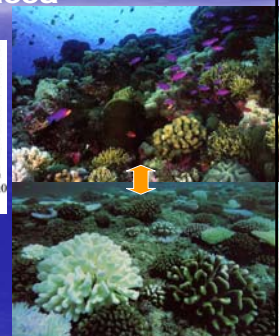
La major part de casos de malalties i mortaldats en massa estan lligats a altes temperatures

(Harvell et al. 1999, 2002)

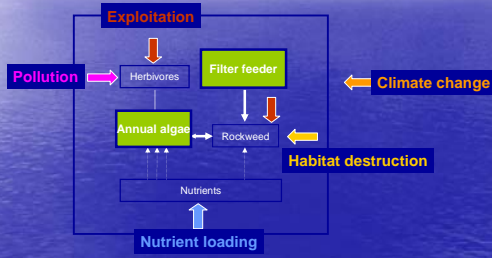
Escalfament dels oceans i augment de malalties i mortaldats en massa



(McWilliams et al. 2005)

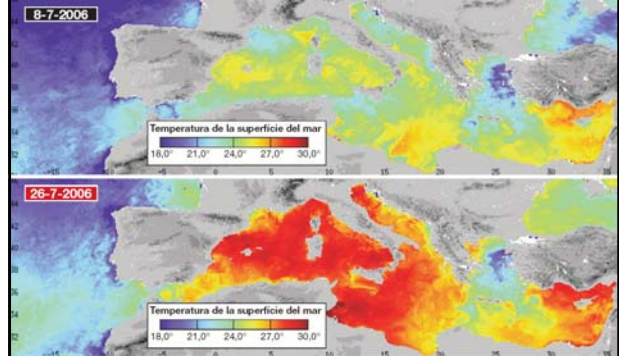


Acceleració de les proliferacions d'algues



(Lotze & Milewski 2004)

Quins efectes tenen els episodis d'escalfament important?



Casos de malalties i mortaldats en massa en la Mediterrània NO, 1970-2004

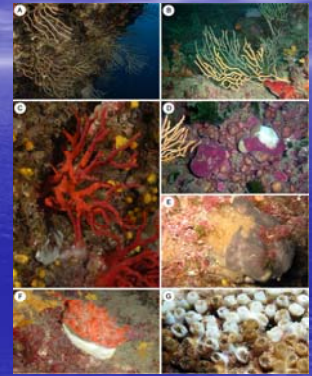


Comunitats sobre fons rocosos, coral-ligen i precoral-ligen, amb abundància de suspensívors

2 episodis de mortaldat en massa: estius de 1999 i 2003

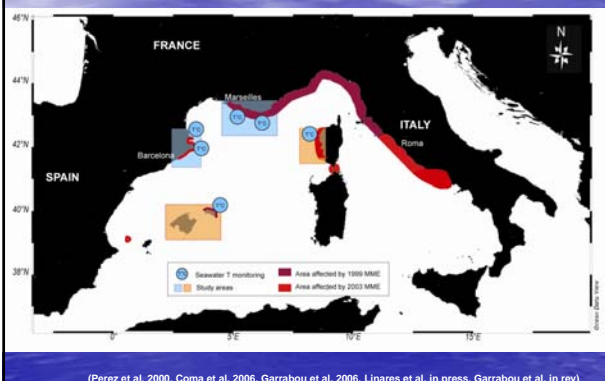
Unes 30 espècies d'invertebrats bentònics afectades

Episodi sense precedents en la Mediterrània per la gran extensió geogràfica



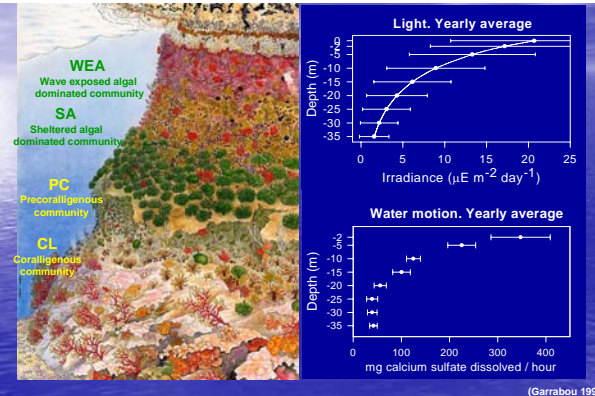
(Perez et al. 2000, Garrabou et al. 2001, Garrabou et al. in rev)

Impacte a gran escala



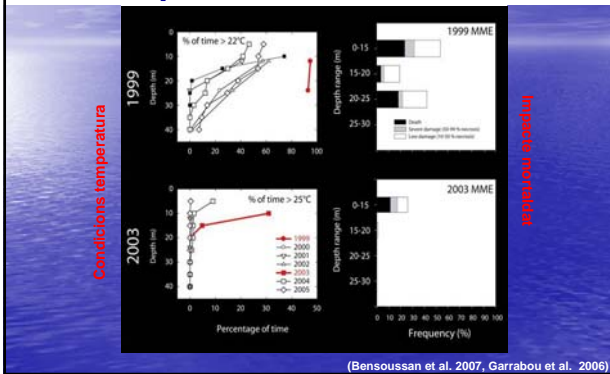
(Perez et al. 2000, Coma et al. 2006, Garrabou et al. 2006, Linares et al. in press, Garrabou et al. in rev)

Les espècies i comunitats més afectades són les més longeves, més estables, més fràgils, més K

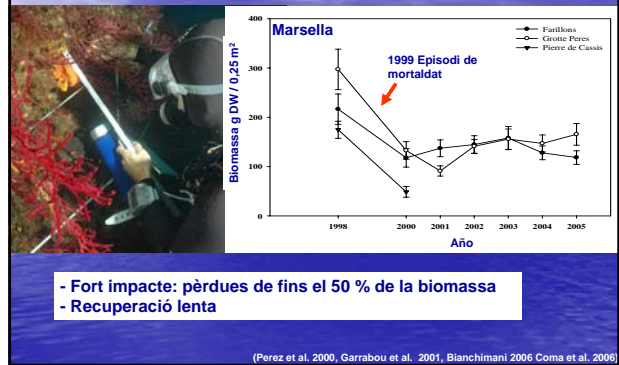


(Garrabou 1997)

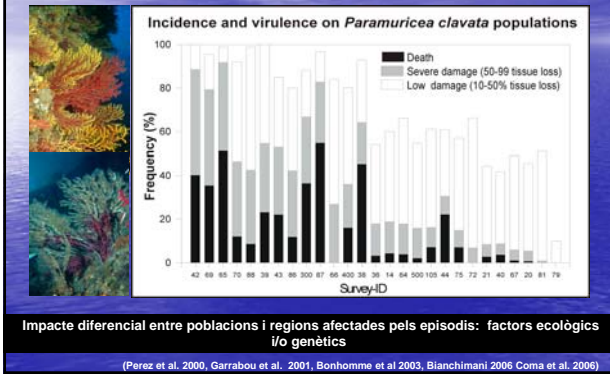
Relació entre anomalies tèrmiques i impacte de la mortaldat



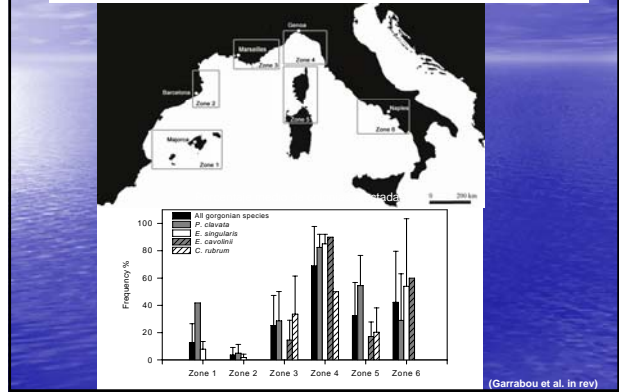
Impacte a gran escala



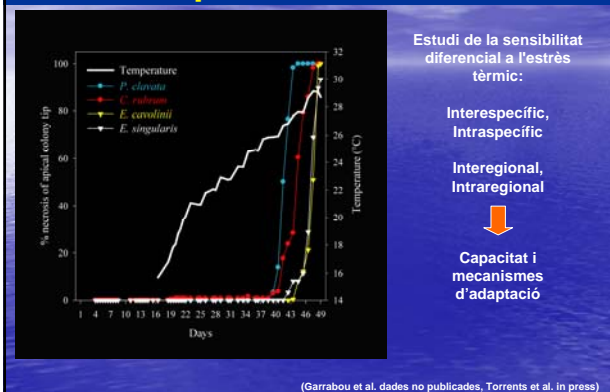
Impacte a gran escala



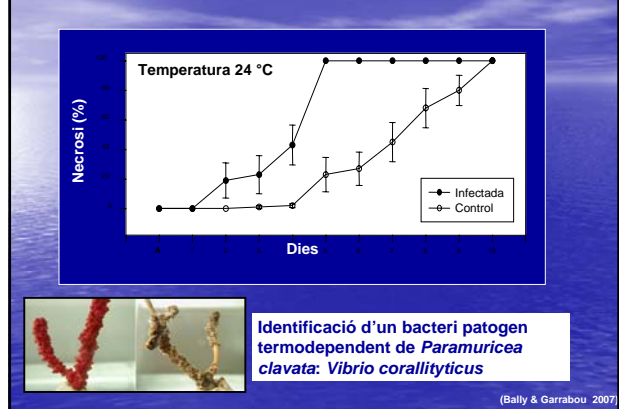
Impacte a gran escala



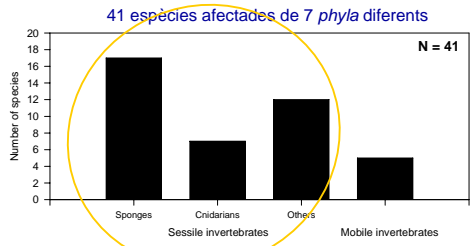
Resposta diferencial



Sinergia entre temperatura i patogen



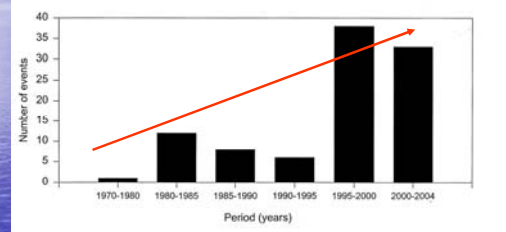
Casos de malalties i mortaldats en massa en la Mediterrània NO, 1970-2004



La majoria de les espècies afectades per mortaldats són:
 - Sèssils
 - De distribució essencialment mediterrània
 - Espècies clau

(Garrabou et al. in prep)

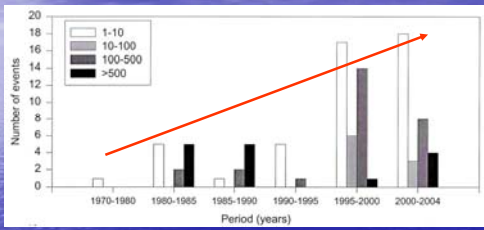
Casos de malalties i mortaldats en massa en la Mediterrània NO, 1970-2004



(Garrabou et al. in prep)

Casos de malalties i mortaldats en massa en la Mediterrània NO, 1970-2004

Escala espacial (km) dels episodis



(Garrabou et al. in prep)

ANOMALIA SST 1999 SOBRE PROMIG 1985-2005 (positiva)



ANOMALIA SST 2002 SOBRE PROMIG 1985-2005 (negativa)



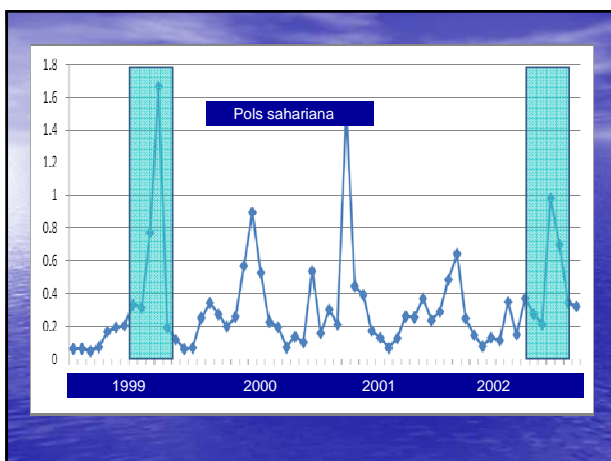
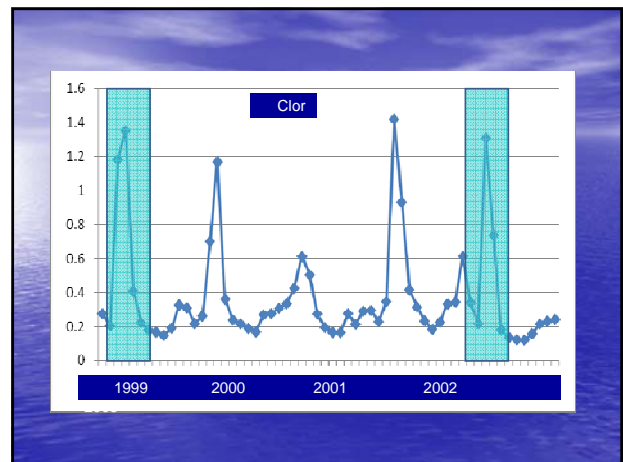
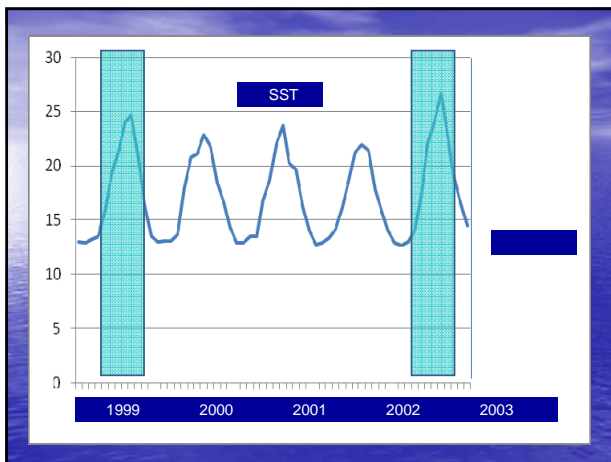
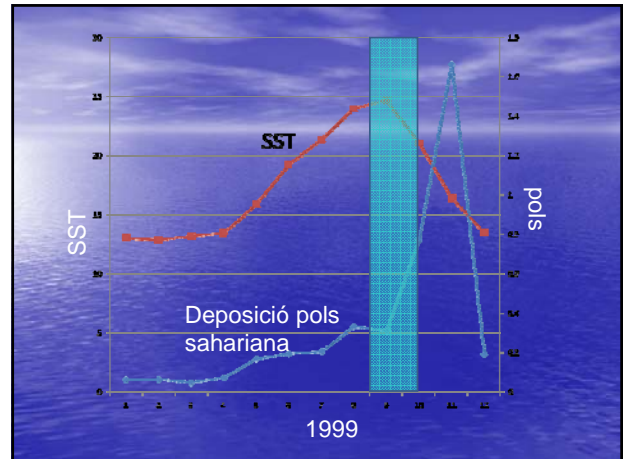
ANOMALIA SST 2003 SOBRE PROMIG 1985-2005 (positiva)



Cercant altres culpables



Quin paper hi pot tenir la contaminació, els episodis de proliferació d'algues o cianofits del plancton, l'entrada de nutrients, de germens, de pols procedent del Sahara?



Impacte a gran escala

Impacte fort sobre les comunitats: nombre d'espècies, escales geogràfiques afectades i taxes de mortalitat

La temperatura té un rol determinant, directament o indirecta; patògens també; altres factors (pols?)

Possible relació amb el canvi climàtic: augment de les fortes pertorbacions



Risc per a la conservació de les comunitats bentòniques mediterrànies

IMPACTES GENERALS

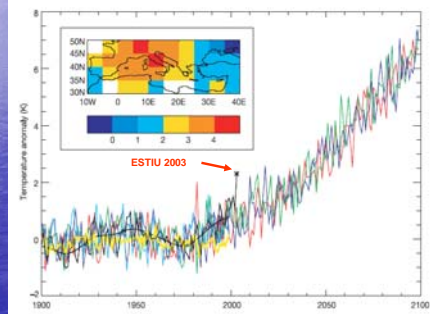
- Reducció de la biomassa total
- Reducció de l'estructura tridimensional biogènica
- Simplificació de les xarxes tròfiques
- Augment del quocient P/B
- Domini de controls *bottom-up* en relació a controls *top-down*
- Increment de la inestabilitat
- Disminució de la capacitat de recuperació
- Reducció de la producció total i de la disponible per als éssers humans

Simplificació de les comunitats

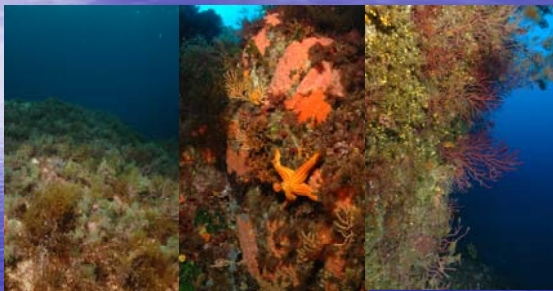
(Jackson & Sala 2001, Tilman & Lehman 2001, Sala & Sugihara in press)

Canvi climàtic: augment de les condicions extremes

Previsions per al canvi climàtic en Europa per a les properes dècades



La Mediterrània, greument amenaçada pel canvi climàtic



Mediterrània: **0,82%** de la superfície dels oceans, però **4-18%** de les espècies marines i **25-30%** d'espècies endèmiques

(Giaccone & Geracci 1989, Bianchi & Morri 2000, Boudouresque 2004, Ballesteros 2006)

Moltes gràcies!

Agraïxo la informació i les dades no publicades de:

Enric Ballesteros (CEAB, CSIC)
Joaquim Garrabou (UMed)
Antonio Juan González (ULPGC)

