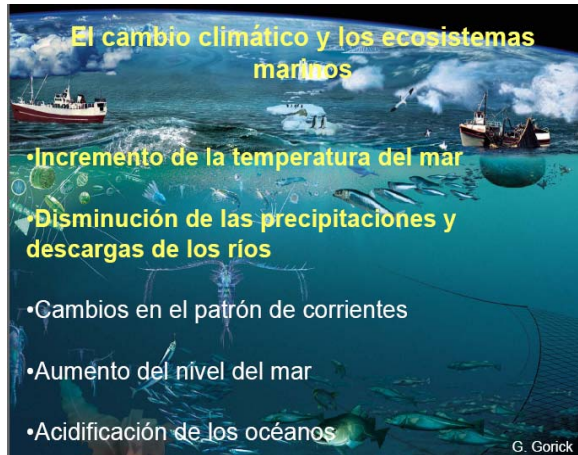


## EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS PESQUERÍAS

**Ana Sabatés Freijo**

Investigadora científica en el Departamento de Recursos Marinos Renovables del Institut de Ciències del Mar, CSIC



Es evidente que nuestro planeta está sufriendo importantes cambios durante este último siglo; **¿cuáles son las principales manifestaciones de estos cambios en los ecosistemas marinos?:**

- Incremento en la temperatura del mar.
- Disminución de las precipitaciones y descarga de aportes continentales. Las variaciones en temperatura y salinidad originan, a su vez,

cambios en los patrones de corrientes.

- Aumento en el nivel del mar.
- Cambio en el pH debido a la acidificación de los océanos debido a una mayor absorción de CO<sub>2</sub> por parte del océano.

Durante la charla me voy a centrar básicamente en los dos primeros efectos ya que son los que más inciden directamente sobre la biología de los peces.

De forma muy rápida, ¿cuáles son las principales características de las poblaciones marinas, en concreto de los peces, que las diferenciaría de las poblaciones terrestres y que, probablemente, las hace más vulnerables al cambio climático? Debemos considerar que los peces tienen una fase planctónica dispersiva. Se reproducen por huevos, que en la mayoría de especies son expulsados al mar por las hembras, son fecundados en el medio y a los pocos días nace una larva que tiene escasos milímetros. La mortalidad en estas primeras fases larvarias, durante las cuales forman parte del zooplancton, es muy elevada. Aproximadamente, de cada mil huevos que son expulsados por una hembra, solamente uno llega a reclutarse a la fase adulta. En consecuencia, en estas primeras fases los peces son muy sensibles a cualquier perturbación ambiental.

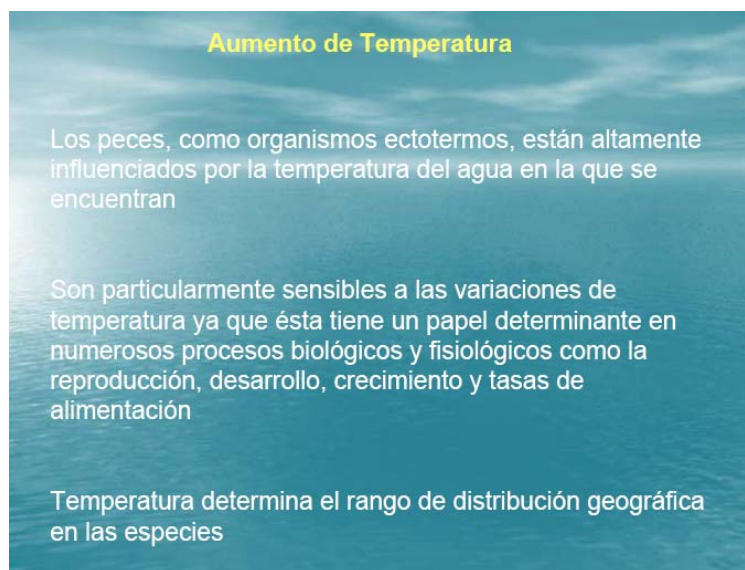
### Características de las poblaciones marinas

- Fase planctónica dispersiva
- Elevada fecundidad
- Poblaciones presentan elevadas fluctuaciones
- El mar presenta pocas fronteras físicas

Debida a esta alta mortalidad, y que sólo una pequeñísima parte llegan a reclutarse a la fase adulta, las poblaciones de peces presentan de forma natural grandes fluctuaciones de abundancia año tras año. Además, las escasas fronteras físicas del medio marino, permiten una mayor movilidad o migración de las especies.

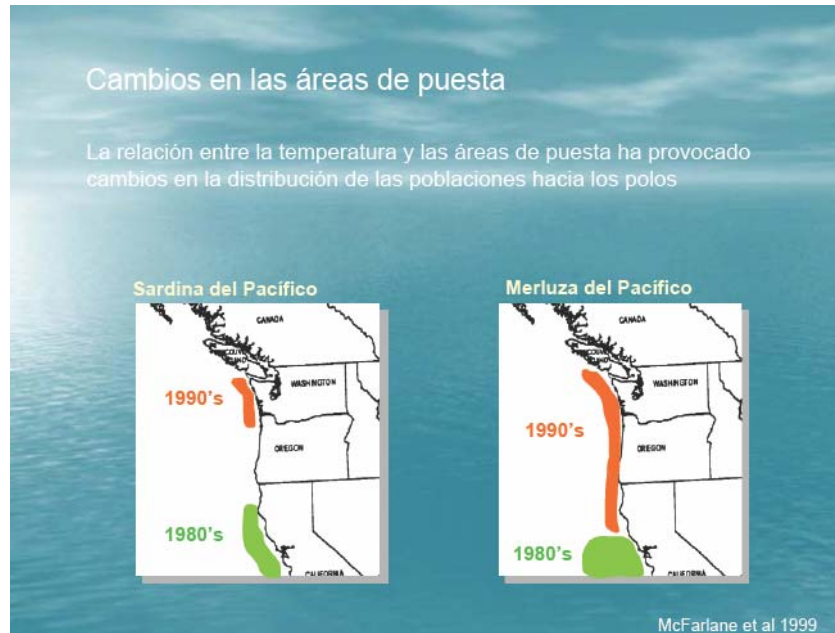


Los peces son organismos ectotermos, es decir, no regular su temperatura corporal y están muy influenciados por la temperatura de la masa de agua en la que se encuentran. Por ello, son particularmente sensibles a las variaciones de temperatura, ya que la temperatura tiene un papel determinante en numerosos procesos biológicos, como es la reproducción, las tasas de alimentación y el crecimiento. Además, la temperatura determina el rango de distribución de una especie. Sabemos que las distintas especies que habitan en el mar se distribuyen en determinadas latitudes acordes con los rangos de temperatura. Por ejemplo, el **bacalao**, especie característica de aguas frías, se localiza principalmente en el extremo norte del Atlántico, el **salmonete**, especie de aguas templadas, es muy abundante en el Mediterráneo, en las costas españolas, sur de Francia y en el Atlántico norte. En el caso de la seriola, peces tropicales estos habitan en las áreas más cálidas.

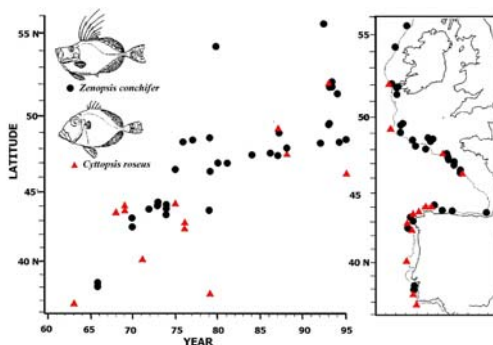


Por tanto, a priori, el efecto más inmediato del calentamiento global en la **ictiofauna**, serán variaciones de estos rangos o límites de distribución de las especies. En el hemisferio norte, especies de aguas cálidas incrementan su abundancia o se detectan en zonas más al norte de sus límites habituales de distribución. Lógicamente, aquellas poblaciones que están localizadas en los límites de su área de distribución geográfica serán las más sensibles a estos cambios de temperatura. En la figura se muestra la distribución del bacalao. Se observa el límite norte de su distribución en 1960, y como en 2001 su distribución se había extendido hacia el norte ya que el incremento de temperatura del agua de mar, permite la colonización de áreas más septentrionales.

Se han detectado, también, cambios en las áreas de reproducción de las especies. Ello es particularmente importante ya que, como comentábamos antes, las larvas de peces son muy sensibles a cambios ambientales. En esta imagen, a la izquierda, vemos las áreas de puesta de la sardina del pacífico. En los 80, las áreas de puesta se limitaban a la zona de California y en los años 90 la puesta se extendía más hacia el norte, en la frontera con Canadá. Una situación similar se ha observado también en la merluza del Pacífico.



#### Cambios en la distribución y biodiversidad

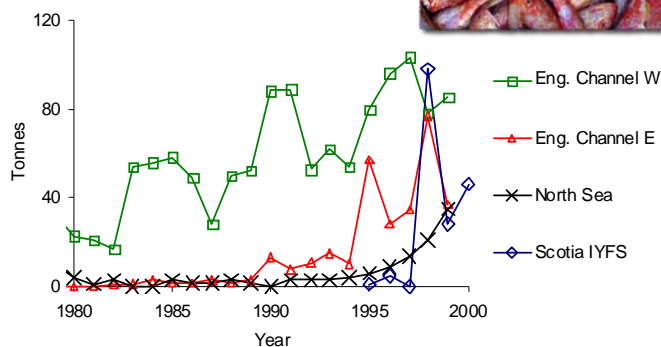


Quero et al., 1998

Los cambios en la distribución comportan, a su vez, cambios en la diversidad. En la figura se muestra la distribución latitudinal de dos especies de aguas cálidas a lo largo del tiempo. Se observa que esta distribución se va extendiendo progresivamente hacia el norte.

#### Cambios en las pesquerías

*Mullus surmuletus*- Salmonete de roca



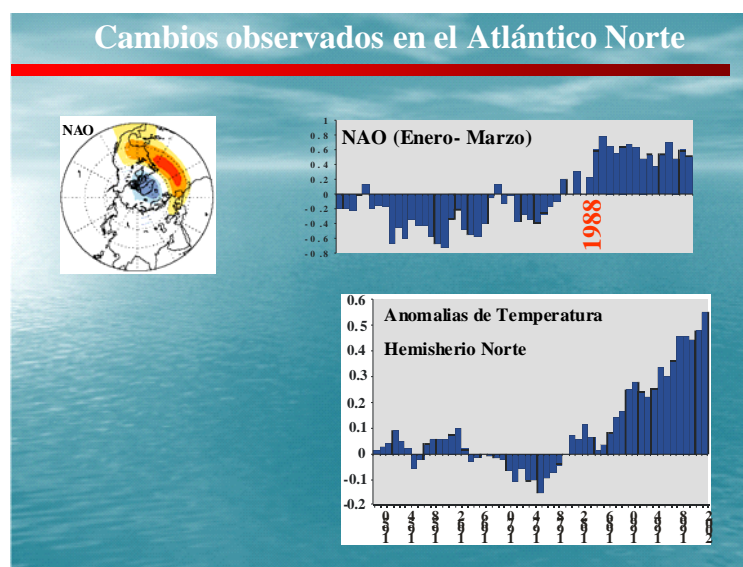
los años 80.

#### ¿Qué está pasando en determinadas áreas, por ejemplo, el Atlántico norte?

Vemos que determinadas especies que antes no estaban presentes en el área y, por tanto, no formaban parte de sus pesquerías, en la actualidad se están pescando. Por ejemplo, en la figura se observa un incremento importante de las capturas de una especie de gádido, similar a la merluza, desde

El salmonete, es un caso particularmente interesante. Esta es una especie de aguas templadas y, tradicionalmente, era una especie rara o muy poco frecuente en el Mar del Norte. En la actualidad, es una especie que ya forma parte de la pesquería comercial. Lo mismo está pasando también con la anchoa. Incluso se ha observado su reproducción en el Báltico y en el Atlántico Norte, áreas en las que hace unos años la especie no estaba presente.

En la figura se presentan las anomalías de temperatura en el Atlántico Norte. Desde los años 80 se están registrando anomalías positivas en relación con un periodo de de anomalías también positivas del índice NAO. En relación a estos cambios se observan, a su vez, cambios en la abundancia del zooplancton. **¿Por qué es importante el zooplancton?** El zooplancton constituye el alimento de las larvas de peces y también de algunos peces en estado adulto, como sardina, anchoa o jurel.



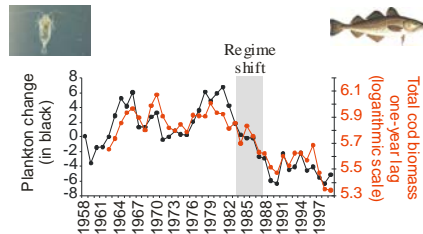
Desde finales de los años 50 hasta la actualidad, se ha observa un aumento en la abundancia de especies de copépodos de aguas cálidas. Además, su distribución se extiende hacia latitudes más altas. En el caso de las especies de aguas más frías, su distribución está prácticamente confinada a los polos.

En la figura se observa la disminución en la abundancia de *Calanus finmarchicus*, la especie tradicionalmente dominante en el Atlántico Norte, y su sustitución por *Calanus helgolandicus*, especie de aguas templadas.

**¿Por qué son importantes estos cambios en el zooplancton?** La biomasa de bacalao ha descendido considerablemente en los últimos años. En principio, obviamente, ello se debe a una sobreexplotación del recurso. No obstante, hace ya bastantes años que la pesquería se cerró o las cuotas disminuyeron y la especie no se recupera. Los investigadores barajan hipótesis alternativas a esta no recuperación del stock. Podemos pensar que porque se cierra la pesquería el stock volverá a la situación inicial, pero no necesariamente tiene que ser así ya que las condiciones ambientales han cambiado. Lo que muestra está gráfica, en negro, es la disminución de *Calanus finmarchicus*, la especie tradicionalmente dominante en

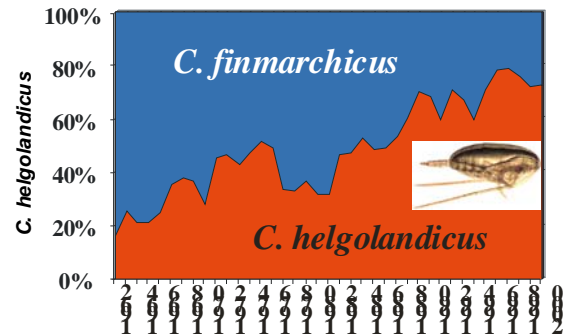
el Atlántico Norte. Este descenso va en paralelo a la disminución de la biomasa del bacalao (en rojo) un año más tarde.

**Cambios en la composición y abundancia del plancton y biomasa de bacalao**



Beaugrand et al. (2003)

**Cambios en la abundancia de especies de copépodos en el mar del Norte**

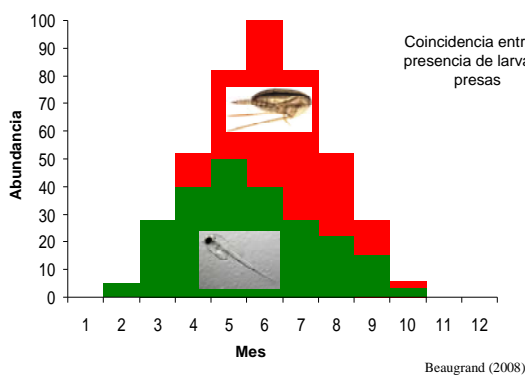


Reid et al. (2003)

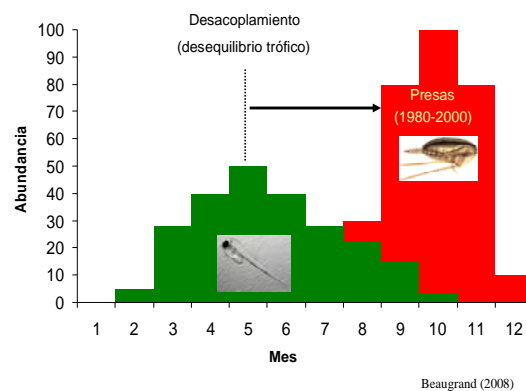
En la imagen se observa que durante el período 60 a 79, en el que las capturas de bacalao eran elevadas, el período reproductor del bacalao (en verde) se extendía de marzo a septiembre, con un pico en mayo. El copépodo *Calanus finmarchicus* (en rojo), alimento de las larvas de bacalao, se localizaba en el plancton de abril a septiembre. Hay por tanto un solapamiento, espacial y temporal, entre la presencia de larvas de bacalao y su alimento (en el plancton). No obstante, a partir de los años 90 hasta la actualidad, la sustitución de *Calanus finmarchicus* por la especie de aguas cálidas *Calanus helgolandicus* y que ésta aparece más tarde en el plancton, de septiembre a noviembre, hace que exista un desfase entre la liberación de las larvas de bacalao al medio y la presencia de sus presas. Ello comportará una mortalidad más elevada o un menor crecimiento de las larvas de bacalao.

Régimen térmico frío en el Mar del Norte (1960-1979)

Régimen térmico más suave en el Mar del Norte (1990-2005)



Beaugrand (2008)

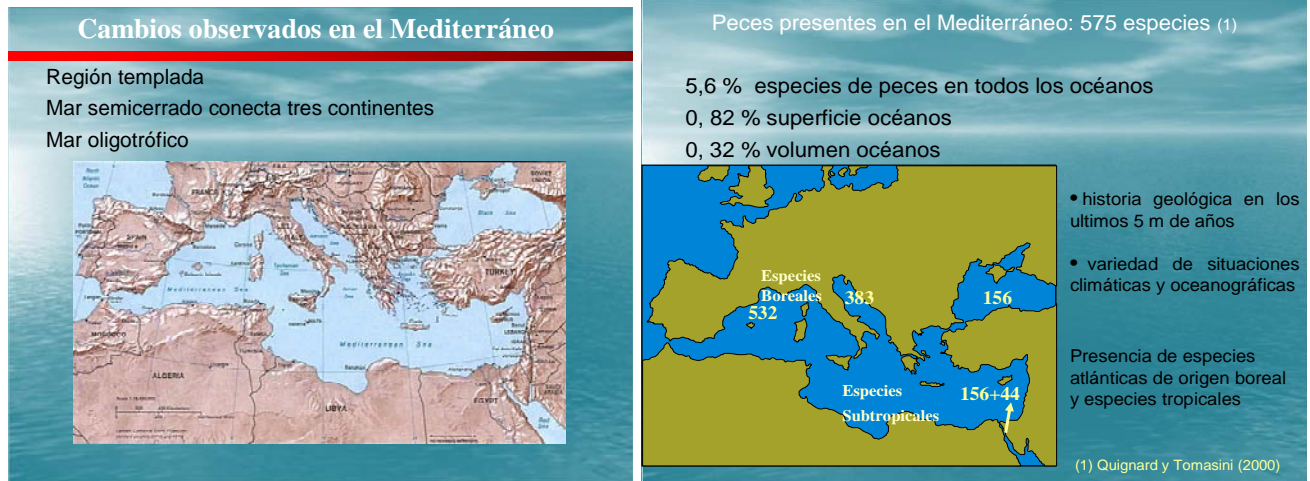


Beaugrand (2008)

**¿Que pasa en el Mediterráneo? El Mediterráneo está situado en la zona templada y es un mar semicerrado, oligotrófico, relativamente pobre.** El Mediterráneo alberga numerosas especies de peces. La mayor diversidad específica la encontramos en la cuenca occidental ya que en esta zona coexisten tanto especies de hábitats relativamente fríos (Golfo de León, mar Ligur, Adriático), junto con especies de hábitats cálidos o tropicales, especialmente en el Mediterráneo sur.

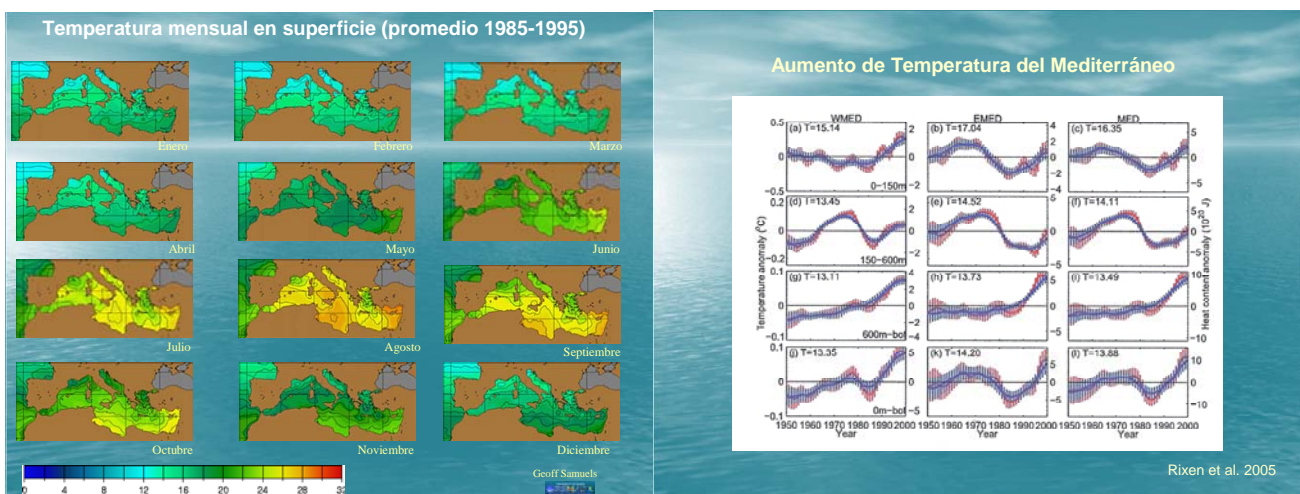


De ahí, el gradiente de diversidad de la cuenca occidental a la cuenca oriental del Mediterráneo.



En la figura se observa la distribución de temperatura superficial en distintos meses del año, donde se aprecia la pauta antes mencionada.

En las gráficas se observa el aumento de temperatura en el Mediterráneo occidental, Mediterráneo oriental y conjunto del Mediterráneo en los últimos 100 años. El incremento de temperatura es evidente no sólo en las capas más superficiales, sino también en profundidad. ¿Cuáles son las consecuencias de este calentamiento? Cambios en la composición de las comunidades, incremento de especies de aguas cálidas en este sector noroccidental, más frío, y en contrapartida un descenso o desaparición de especies boreales o de aguas frías que antes se localizaban en estas aguas frías del Mediterráneo norte.



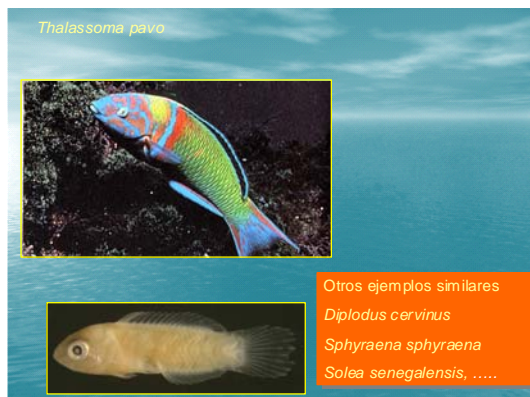
Mediterráneo Noroccidental

Cambios en la composición faunística de las comunidades

Incremento de especies de aguas cálidas en el sector Noroccidental (1, 2, 3)  
Aumento de abundancia  
Presencia de especies desconocidas en el área

Descenso o desaparición de especies boreales (1)

(1) Francour et al. 1994; (2) Astraldi et al. 1995; (3) Bianchi and Morri 2000



Son varios los ejemplos de especies de hábitats cálidos que tradicionalmente se localizaban en el Mediterráneo sur y oriental y en la actualidad ya se encuentran en el Mediterráneo norte: *Thalassoma pavo*, *Diplodus cervinus*, *Pomatomus saltatrix*, *Sardinella aurita*. El mero, *Epinephelus marginatus*, es además capaz de reproducirse en el Mediterráneo norte.

Un dato interesante es el de la alacha, *Sardinella aurita*, que es una especie pelágica, muy parecida a la sardina o a la anchoa. Es una especie tropical y que, tradicionalmente, su distribución en el Mediterráneo se limitaba al sur y a la cuenca oriental.

### El caso de la alacha (*Sardinella aurita*)



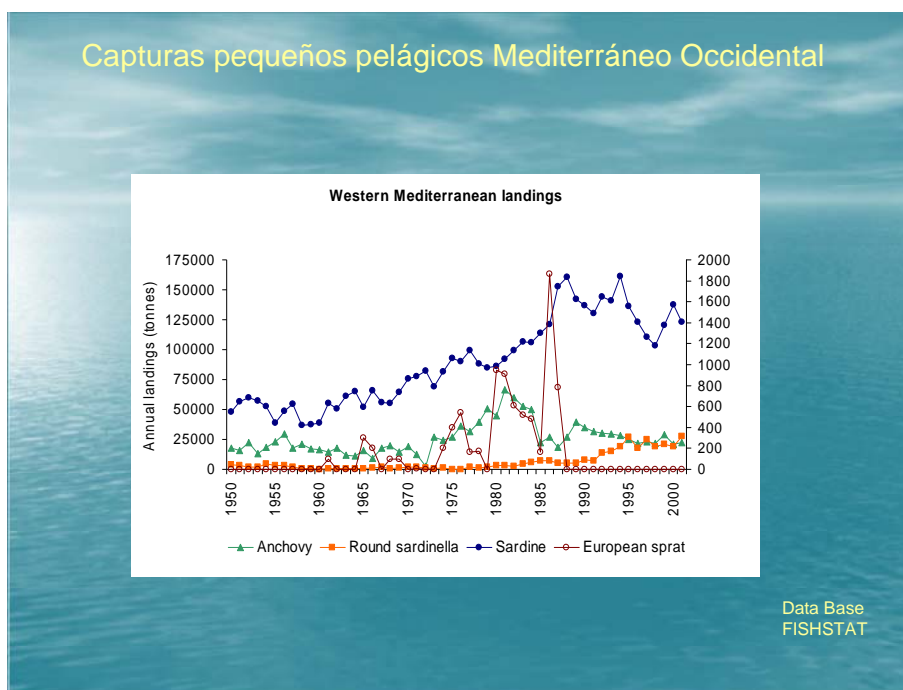
Especie pelágica, termófila

Distribución tropical y subtropical estrechamente relacionada con la temperatura

Período reproductor restringido

Especie poco explotada

¿Que estamos viendo? En estos últimos años, desde finales de los 80, la abundancia de la especie está incrementando en el Mediterráneo occidental y su distribución se extiende hacia el norte.



En la figura se muestran las capturas de las especies de pequeños pelágicos en el Mediterráneo occidental. La sardina y la anchoa son las especies más abundantes. El espadín es una especie de aguas más frías, y se observa como antes de los

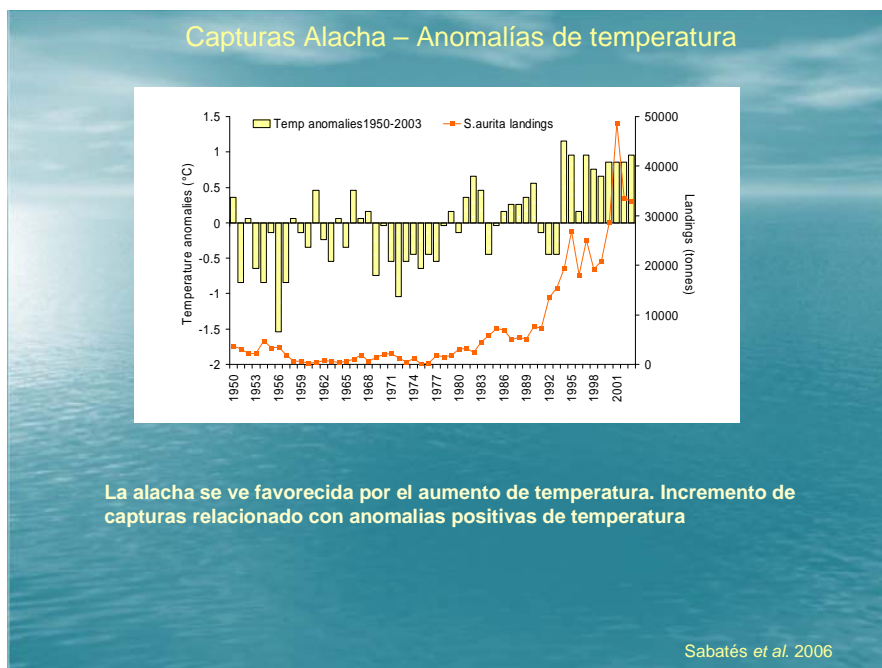
años 80 se capturaba por la flota comercial. No obstante, a partir de este período la especie ha desaparecido de las capturas y sólo queda algún reducto de la población en el Adriático y

Golfo de León, las zonas más frías del Mediterráneo.

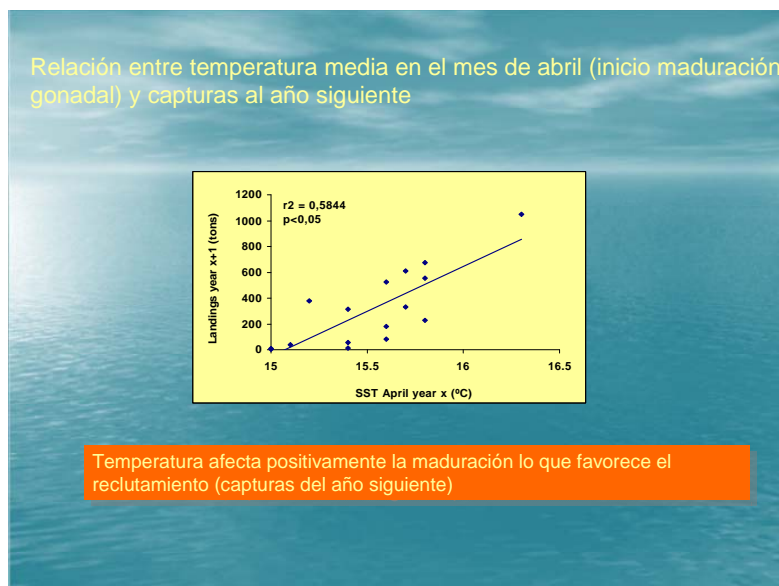
En coincidencia con la desaparición del espadín de la flota comercial, se observa un incremento en la captura alacha, *Sardinella aurita*. Esta es una especie tropical que, tradicionalmente, su distribución se limitaba, al Mediterráneo sur y Mediterráneo oriental, donde las temperaturas son elevadas. Los estudios señalan



que la abundancia de esta especie está incrementando en la cuenca occidental y se está extendiendo hacia el norte de la península ibérica.



En la figura se muestra el incremento de las capturas de alacha en el Mediterráneo occidental, (en naranja) en relación con el período de anomalías positivas de temperatura.

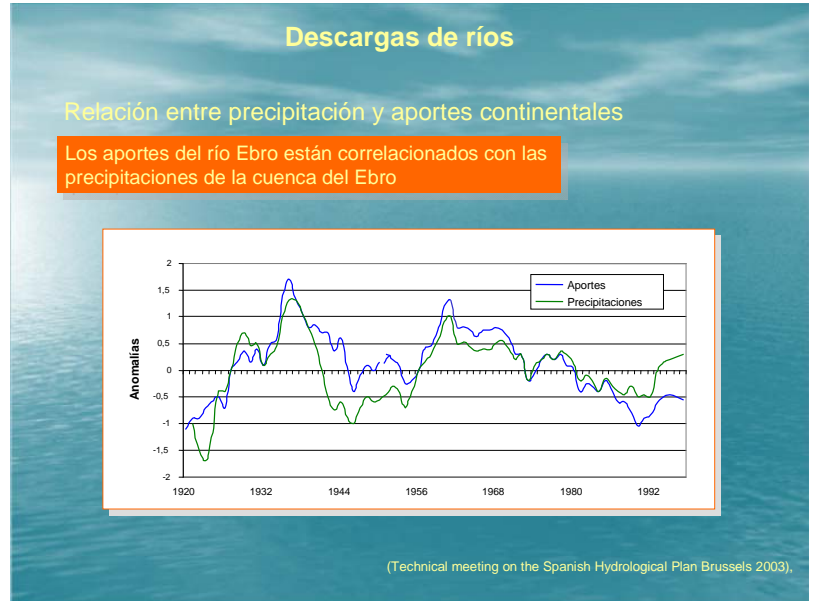


Se ha observado, además, una clara relación entre la temperatura en el mes de abril, inicio de la maduración gonadal de la especie y la abundancia de ésta al siguiente año. Es decir, la temperatura afecta positivamente la maduración de la especie y los años en los que la temperatura superficial del mar es más elevada, en

particular el mes de abril, se corresponden con capturas también más altas al siguiente año. Además, si comparamos la distribución de las larvas de alacha a lo largo de la costa Catalana, con la detectada 20 años antes, observamos que su abundancia ha incrementado sensiblemente. La presencia de larvas en la zona indica que la especie es capaz de reproducirse en sus nuevas áreas de distribución.

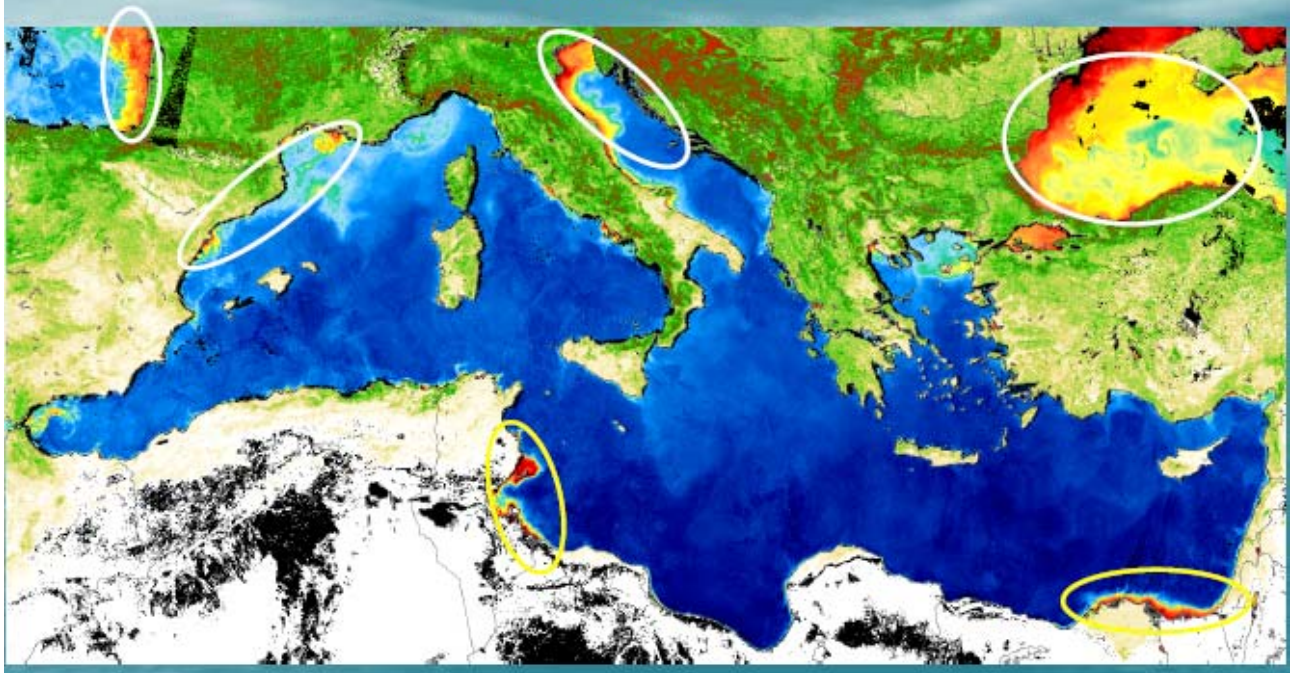


En relación a los aportes de aguas continentales, la figura muestra la relación entre los aportes del río Ebro y las precipitaciones en la cuenca del Ebro. Vemos que hay una buena correlación y, además, se observa una disminución de los caudales en estos últimos años. Es importante destacar que las zonas influenciadas por los aportes continentales son especialmente productivas a nivel superficial. Es decir se encuentran en superficie importantes concentraciones de nutrientes, fitoplancton y zooplancton.



Es importante mencionar que durante el verano, hay una termoclina muy bien establecida y toda la producción planctónica se localiza por debajo. La mayor abundancia de fitoplancton y zooplancton se localizan alrededor de los 60 m de profundidad ya que en superficie los nutrientes se han agotado y la termoclina no permite la mezcla de la columna de agua. Por tanto, sólo en las zonas influenciadas por los aportes continentales se encuentran elevadas concentraciones de fitoplancton y zooplancton en superficie. En consecuencia, estas áreas son particularmente importantes para la reproducción y alimentación de numerosas especies de peces.

## Elevada producción primaria en zonas de influencia continental



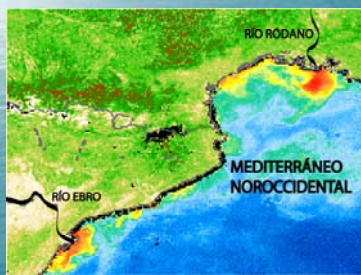
En la imagen de satélite se observa la elevada concentración de Clorofila en las zonas próximas a las desembocaduras de los ríos.

En la figura se indican las principales áreas de reproducción de la anchoa. Se observa que las mayores abundancias de huevos se localizan frente a las desembocaduras de los dos grandes ríos de la zona, en relación a la mayor producción. Estas zonas proporcionan mas alimento tanto para las larvas como para los adultos.

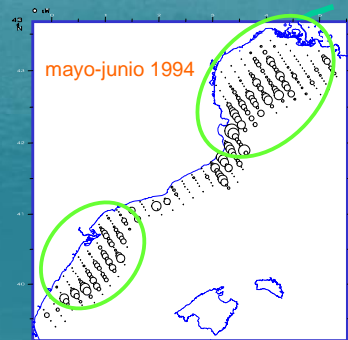
### El caso de la anchoa, *Engraulis encrasicolus*

Áreas de puesta asociadas a zonas de influencia continental, Ebro y Ródano

En primavera-verano, aguas de origen continental constituyen el único mecanismo de fertilización de las aguas superficiales



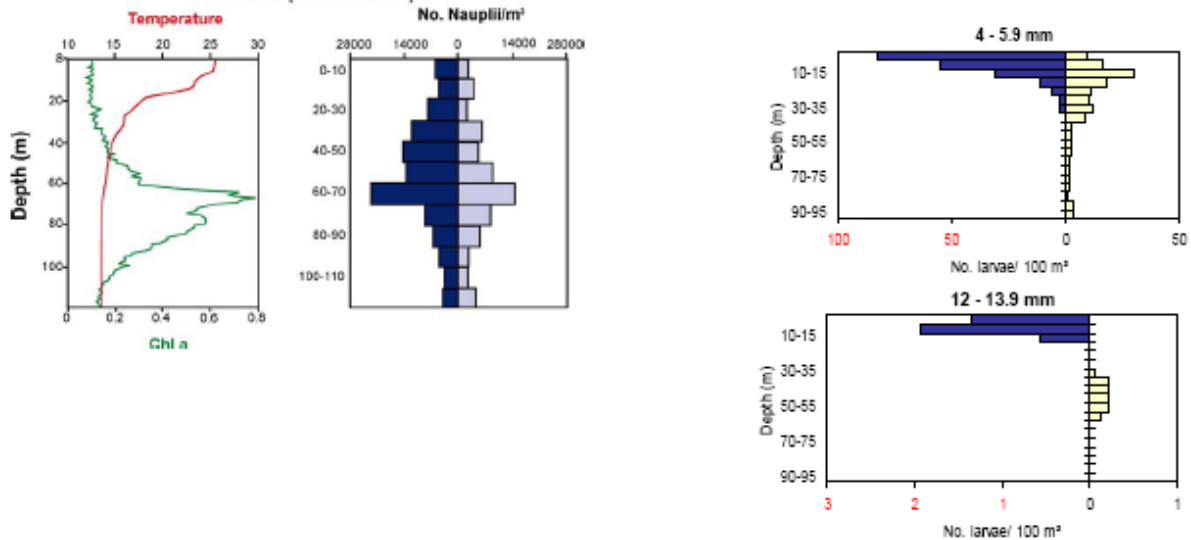
### Huevos de anchoa



Palomera et al 1996

## Distribución vertical de larvas anchoa

### Estratificación estival



Olivar et al. 2001

La figura muestra una relación entre las descargas del río Ebro y capturas de anchoa con un desfase aproximadamente de un año. Se observa que a mayor intensidad de descarga del río, más producción planctónica, más supervivencia larvaria y capturas mas elevadas al siguiente año.





Ya para acabar, decir que se han observado **cambios en la biología y distribución de peces en relación al cambio climático**. Las poblaciones localizadas en el límite de su distribución geográfica son las que más rápido responden a estas variaciones ambientales. Vemos que hay cambios también en la abundancia y distribución del plancton, cambios en la biodiversidad y algunas especies de peces aumentan pero otras disminuyen su producción pesquera. Por tanto el efecto la producción pesquera total, de momento, es difícil de determinar.

**RESUMEN - EFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO**

- Cambios en la biología y distribución de peces. Poblaciones localizadas en el límite de su distribución geográfica son las que responden más rápido a las variaciones ambientales
- Cambios en la abundancia y distribución del plancton
- Cambios en la biodiversidad
- Determinadas especies aumentan y otras disminuyen su producción pesquera. El efecto en la producción pesquera total es, de momento, difícil de determinar
- Aunque las pesquerías han estado siempre afectadas por la variabilidad climática, ahora la situación es distinta porque:
  - El cambio es rápido
  - La presión pesquera constituye un “stress” adicional para las poblaciones de peces marinos

Aunque las pesquerías de alguna manera han estado siempre afectadas por la variabilidad climática, podemos afirmar que en la actualidad la tasa de cambio es más rápida y además la presión pesquera constituye un estrés adicional para las poblaciones de peces marinos.

Muchas gracias.