

Evidencias e Impactos do Cambio Climático en Galicia



XUNTA
DE GALICIA

VARIABILIDADE INTERANUAL DA SARDIÑA EN GALICIA E NA REXIÓN IBÉRICA

A. Bode¹, J. M. Cabanas², C. Porteiro² e M. Begoña Santos²

¹ Instituto Español de Oceanografía
Centro Oceanográfico da Coruña
Apdo. 130. 15080 A Coruña.
Correo_e: antonio.bode@co.ieo.es

² Instituto Español de Oceanografía
Centro Oceanográfico de Vigo
Apdo. 1552. 36280 Vigo.

RESUMO

As poboacións de peixes que se alimentan do plancto, como a sardiña, amosan grandes fluctuacións interanuais segundo os cambios do clima. Non obstante, a análise das tendencias a longo prazo na abundancia de sardiña en Galicia e na rexión oceánica próxima, así como das súas relacións cos factores climáticos e oceanográficos, revelan unha gran complexidade. As capturas de sardiña na rexión ibérica (Francia, España e Portugal) viñéronse reducindo no último século ata achegarse a mínimos históricos en Galicia na década de 1990. Un dos factores causantes foi o insuficiente recrutamento da poboación por mor, entre outras causas, do incremento na frecuencia de ventos do norte durante o inverno e a primavera, que, por efecto das correntes de afloramento, dispersan os ovos e as larvas de sardiña cara ao océano, onde morren. Isto vén reflectido na recente tendencia á diminución das capturas de xouba preto das Rías Baixas. Ademais deste efecto directo, o afloramento durante o verán favorece a abundancia do plancto que alimenta a sardiña, como os pequenos copépodos, e indirectamente contribúe ao mantemento da súa poboación. Os efectos directos e indirectos do clima poden actuar sinerxicamente ou en oposición, o que dificulta as predicións sobre a resposta da sardiña ante os cambios climáticos a longo prazo.

SUMMARY

Large interannual fluctuations caused by climate changes are characteristic of the populations of planktivorous fish, like sardine. The analysis of long-term trends in the abundance of sardine in Galicia and the nearby oceanic region, however, reveal complex relationships between sardine abundance and climatic and oceanographic factors. Sardine landings in the Iberian region (France, Spain and Portugal) went down considerably over the last century, reaching historical minimum values in the 1990s. One of the factors was low recruitment due to the predominance of northerly winds during winter and spring. Such winds favour coastal upwelling and surface currents which in turn disperse sardine eggs and larvae to the open ocean where they die. This has caused the decreasing trend in young sardines catches near the Rías Baixas in recent years. In spite of this direct negative effect, summer upwelling also increases plankton resources for sardine, (i.e. small copepods), thus indirectly contributing to the sustenance of sardine

populations. Both direct and indirect effects may act synergically or in opposed ways, making the prediction of the response of sardine and other small pelagic fish to long-term changes in climate difficult.

INTRODUCCIÓN

A sardiña forma parte do grupo de peixes clupeidos que acadan grandes poboacións nas áreas de afloramento (Lluch-Cota e cols., 1997; Chávez e cols., 2003). Estes peixes están adaptados aos réximes de elevada turbulencia, que regulan, por unha banda, os mecanismos de retención das larvas nas proximidades da costa e, por outra, os mecanismos de fertilización e incremento da produción planctónica que aseguran a dispoñibilidade de alimento a larvas e adultos. O ascenso de augas profundas e ricas en sales nutrientes a carón da costa causado polo afloramento estimula a produción do fitoplancto e do zooplancto, alimento da sardiña, pero tamén as correntes superficiais xeradas polo afloramento causan o afastamento do plancto (incluíndo os ovos e larvas de sardiña) da costa e a súa dispersión no océano, onde a concentración de alimento é menor (Bode e cols., 2007a). Polo tanto, o afloramento pode ter, á vez, efectos positivos e negativos sobre as poboacións destes peixes que experimentan grandes fluctuacións en todo o mundo (Alheit e Hagen, 1997; Lluch-Cota e cols., 1997; Santos e cols., 2001; Borges e cols., 2003; Chávez e cols., 2003; ICES, 2007a, b). Estas fluctuacións ocorren de forma sincrónica en áreas xeográficas moi afastadas por mor de cambios climáticos a grande escala, como o fenómeno de El Niño (Schwartzlose e cols., 1999).

Táboa 1. Tendencias interanuais nas capturas de sardiña a anchoa en distintas zonas. Os valores de tendencia (b) danse en $t \text{ ano}^{-1}$; r: coeficiente de correlación, P: significación.

Zona	Período	Especie	b	r	P
Iberia	1940-2006	sardiña	-601	-0,283	P < 0,050
	1940-2006	anchoa	-670	-0,610	P < 0,001
Galicia	1940-2006	sardiña	-432	-0,386	P < 0,010
Vigo	1907-2006	sardiña	-123	-0,367	P < 0,010
Vigo+Ribeira	1978-2006	xouba	-209	-0,577	P < 0,010

No caso de Galicia, están documentados períodos de grandes abundancias de sardiña que abranquen decenas de anos, seguidos de períodos de escaseza na pesqueira (Anadón, 1950; Carrera e Porteiro, 2003). As maiores capturas prodúcense na costa das Rías Baixas e no norte de Portugal, sendo nesta última zona onde aparecen tamén as maiores abundancias de recrutadas (individuos de menos dun ano de idade). As principais épocas de reprodución da sardiña ibérica son o inverno en Portugal e a primavera no Mar Cantábrico. No entanto, Galicia é unha zona importante de captura particularmente no verán (ICES, 2007a). Isto suxire o desprazamento das sardiñas cara a Galicia na procura do plancto producido polo afloramento (Carrera e Porteiro, 2003). O descenso nas capturas de sardiña en Galicia no último século, sobre todo na década de 1990, foi motivo de análises específicas na procura das súas causas (Guisande e cols., 2001, 2004; Carrera e Porteiro, 2003; ICES, 2007c). Estes estudos resaltaron a importancia dos factores oceanográficos locais, como a intensidade do afloramento, para o recrutamento da poboación. Non obstante, tamén amosaron a dependencia das condicións oceanográficas en Galicia de factores a maior escala como o clima e as correntes en todo o Atlántico norte. Ademais do proceso de recrutamento, o aumento da poboación tamén require que as sardiñas dispoñan do alimento apropiado para manterse e reproducirse.

cirse. Non obstante, só recentemente se tiveron en conta os efectos indirectos do afloramento sobre a sardiña a través da rede trófica (Bode e cols., 2007b).

O obxectivo deste estudo é analizar as tendencias a longo prazo na abundancia de sardiña en Galicia e na rexión oceánica próxima e determinar as súas relacións cos factores climáticos e oceanográficos. As variacións observadas interprétanse dentro dun modelo conceptual dos efectos do clima sobre a rede trófica peláxica.

Táboa 2. Coeficientes (B) do modelo de regresión lineal múltiple que relaciona as capturas anuais de sardiña na rexión ibérica ($\times 10^3$ t) co índice de afloramento por termo medio entre marzo e outubro ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-1}$), coas capturas de anchoa ($\times 10^3$ t) e coa abundancia dos copépodos *Acartia* spp. ($\times 10^3$ indiv. [3 m^3] $^{-1}$) e *Calanus helgolandicus* (indiv. [3 m^3] $^{-1}$). P: significación. Modelo axustado cos valores medios anuais do período 1967-2006 ($r = 0,937$, $n = 40$, $P < 0,001$).

	B	erro estándar	P
Afloramento	0,164	0,052	0,004
Anchoa	1,533	0,558	0,010
<i>Acartia</i> spp.	399,423	93,944	0,000
<i>Calanus helgolandicus</i>	-4,373	2,067	0,043

MÉTODOS

O tamaño da poboación de sardiña estimouse empregando os datos de captura anual total desembarcada nos portos da rexión ibérica (ICES, 2007a), desde o golfo de Cádiz ata o norte do golfo de Biscaia (figura 1). Estes datos correlaciónanse significativamente coa biomasa total estimada por métodos acústicos directos durante o período 1978-2006 ($r = 0,488$, $n = 29$, $P < 0,01$) e coas capturas de sardiña tanto en toda Galicia ($r = 0,833$, $n = 60$, $P < 0,001$) como en Vigo ($r = 0,665$, $n = 57$, $P < 0,001$) durante o período 1940-2006. As series de capturas abranguen o período 1940-2006, no caso da rexión ibérica, e 1907-2006, no caso da sardiña de Vigo. Polo tanto, e malia non estaren corrixidos polo efecto do esforzo pesqueiro, as capturas pódense considerar representativas das variacións reais na poboación de sardiña, como se ten asumido noutras rexións de afloramento en que o esforzo pesqueiro sobre os clupeidos se adapta á dispoñibilidade de pesca (Chávez e cols., 2003). O recrutamento da poboación representouse polas capturas de xouba (sardiña nova de cerca dun ano de idade) desembarcada nos portos de Vigo e Ribeira entre 1978 e 2005, que se correlacionan significativamente ($r = 0,665$, $n = 29$, $P < 0,001$) coas estimacións de recrutamento para o total da poboación ibérica (ICES, 2007a). Tamén se analizaron as relacións entre as poboacións ibéricas de sardiña e anchoa empregando os datos de capturas de ICES (2007a) para o cálculo do índice RIS (*relative indicator series*, Lluch-Cota e cols., 1997). Este índice é a diferenza entre os valores estandarizados e sen tendencia das capturas de sardiña e de anchoa, e aplícase a rexións de afloramento (Chávez e cols., 2003, Bode e cols., 2006, ICES, 2007b).

A influencia dos factores ambientais na sardiña estudouse mediante o índice de afloramento para o punto 43°N, 11°O (Lavin e cols., 1991) e o índice climático NAO (Hurrell, 1995), que se explican no capítulo 13. O período medio foi marzo-outubro, no caso do índice de afloramento, e decembro-marzo, no caso do índice NAO. A dispoñibilidade de alimento para a sardiña analizouse mediante as abundancias de zooplankton na rexión a partir dos datos do CPR (*continuous plankton*

recorder, Richardson e cols., 2006). Neste caso empregáronse as abundancias de *Acartia* spp. e *Calanus helgolandicus*, como representativas das especies de pequeno tamaño típicas do afloramento na costa e especies de gran tamaño típicas das augas oceánicas respectivamente. A zona de mostraxe de zooplankto e a metodoloxía empregada pódese consultar no capítulo 17. Por último, as relacións entre a poboación de sardiña e outras variables determináronse mediante un modelo de regresión lineal múltiple.

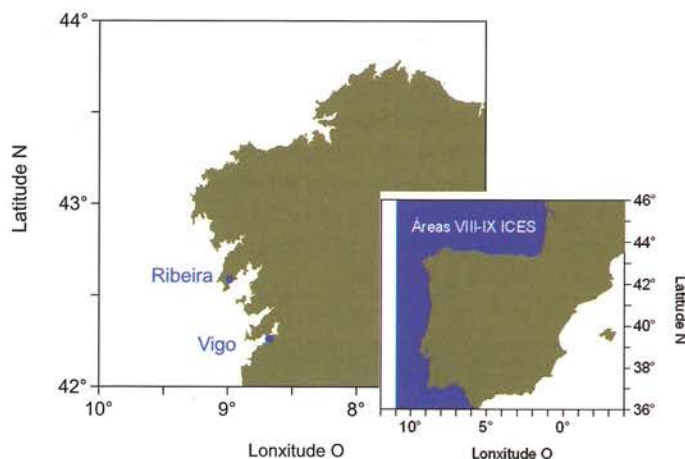


Figura 1. Localización das zonas e puntos de mostraxe das series temporais de datos de sardiña.

RESULTADOS E DISCUSIÓN

A sardiña galega: tendencias nos últimos 100 anos

As capturas de sardiña amosan unha gran variabilidade interanual, tanto en toda a rexión ibérica como en Galicia (figura 2). De media, as capturas de Galicia achéganse ao 20% do total, mentres que as de Vigo só representan o 5%. Porén, as variacións observadas en Galicia son representativas do que ocorre na totalidade da poboación, cos máximos de capturas nos períodos 1931-1945, 1960-1967 e 1980-1985. Estes máximos en toda a rexión ibérica, en Galicia e en Vigo superan as 150, 50 e 20 x 10³ t respectivamente. Considerando as series completas, as tendencias de capturas son negativas (táboa 1), cunha redución media de 600 t por ano no caso das capturas ibéricas e de 432 e 121 t ano⁻¹ nos casos das capturas galegas e do porto de Vigo, respectivamente. Isto representa unha maior redución relativa das capturas nas augas galegas con respecto ás capturas totais.

Unha das causas desta redución diferencial é a falla do recrutamento, que resulta insuficiente para manter a poboación nos niveis máximos. Deste xeito, as xoubas veñen capturándose nas Rías Baixas en menor cantidade nos últimos anos (figura 3). No período 1978-1992 as capturas de xoubas nos portos de Vigo e Ribeira superaban as 150 t mes⁻¹ desde o final do verán ata o principio do inverno e, nalgúns anos, tamén durante algún dos meses do inverno e da primavera (por exemplo, 1980, 1982, 1984). A tendencia interanual é significativa (figura 3, táboa 1) e representa unha redución media de 209 t ano⁻¹ desde 1978.

Estudos recentes analizaron as relacións entre o recrutamento de sardiña e factores ambientais e climáticos, e sinalan a complexidade dos efectos do ambiente na poboación de sardiña. Por unha banda, Guisande e cols. (2001) detectaron que a captura de xouba en Vigo se relaciona de forma lineal coa intensidade do afloramento na primavera (marzo e abril), pero esta relación é diferente

segundo o clima invernal (valores do índice NAO moi elevados ou moi baixos) e a intensidade do afloramento no último verán (período maio-agosto). Ademais, nos anos en que o afloramento é moi intenso ou moi feble no inverno (febreiro), estas relacións non son aplicables. A retención dos ovos e larvas de sardiña polas correntes durante a primavera é un dos principais factores determinantes do recrutamento (Guisande e cols., 2001). Desta maneira foron definidas unhas condicións óptimas para o recrutamento da poboación de sardiña en Galicia baseadas nos índices NAO e de afloramento (Guisande e cols., 2004). A falla destas condicións, chamadas ventá ambiental óptima (*optimal environmental window*, Cury e Roy, 1989), permite explicar as baixas capturas de sardiña nalgúns anos, como as do principio da década de 1990, caracterizados por altos valores do índice NAO e, polo tanto, cunha maior prevalencia dos ventos de compoñente norte no inverno (capítulo 13). Así e todo, estímase que, malia a elevada variabilidade interanual, desde 1875 ata o presente os valores medios dos índices NAO e do afloramento nos períodos críticos identificados se mantiveron dentro da ventá ambiental óptima para a sardiña e, en xeral, non se atoparon tendencias significativas a longo prazo nos anos con condicións óptimas (Guisande e cols., 2004).

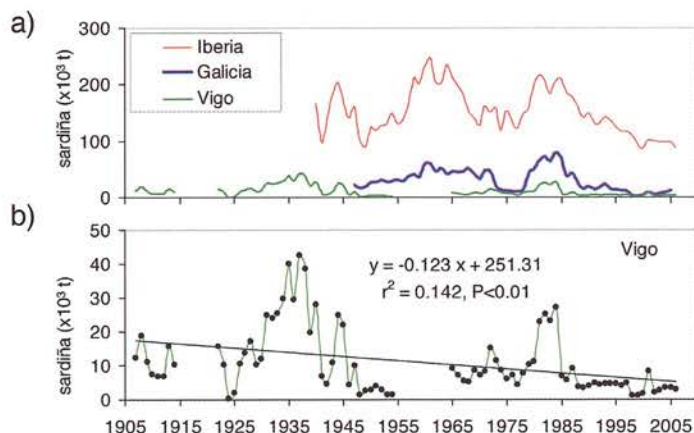


Figura 2. Desembarcos anuais de sardiña ($\times 10^3$ t) no último século en toda a rexión ibérica (a) e no porto de Vigo (b). Neste último caso indícase a liña de tendencia interanual.

Por outra banda, outros estudos dedicáronse a definir relacións continuas entre factores climáticos ou oceanográficos e o recrutamento de sardiña (ICES, 2007c). Neste caso tratábase de evitar o problema da falta de continuidade nas relacións estatísticas fóra das condicións da ventá ambiental óptima (Guisande e cols., 2001, 2004). O modelo de regresión múltiple que emprega variables climáticas (índice NAO no inverno e na primavera), variables oceanográficas (como a intensidade da corrente do Golfo, a corrente cara ao polo e a intensidade do afloramento en Galicia) e mais unha variable histórica do estado da poboación de sardiña (un índice da forza de recrutamento baseado nas capturas de xouba en Galicia e o norte de Portugal) permitiu explicar unha parte significativa da variabilidade no recrutamento ($r^2 = 0,58$) no período 1978-2005 (ICES, 2007c). As predicións deste modelo foron axeitadas ao recrutamento durante a década de 1980, pero desde 1990 incrementáronse as discrepancias entre as predicións e as estimacións de recrutamento.

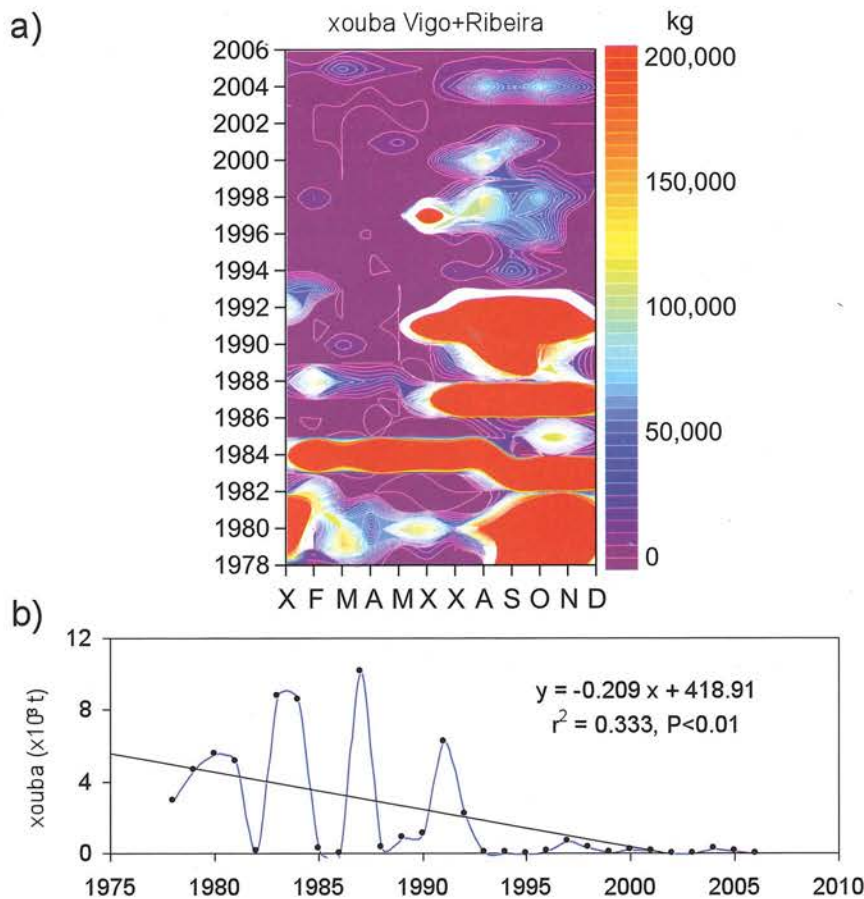


Figura 3. Desembarcos mensuais de xouba (kg) nos portos de Vigo e Ribeira (a) e tendencias nos desembarcos anuais (b, $\times 10^3$ t). Neste último caso indícase a liña de tendencia interanual.

Ambos os dous tipos de modelos mostran a dificultade de definir de forma estatística e completa a complexidade das interaccións entre o clima, a través das condicións oceanográficas, e a poboación de sardiña. É destacable a influencia que sobre o recrutamento ten a retención de xoubas na zona de reprodución e, polo tanto, da intensidade e dirección das correntes no inverno e na primavera. Similares conclusións foron obtidas noutros estudos feitos na zona de recrutamento de sardiña no norte de Portugal (Santos e cols., 2001; Borges e cols., 2003). Ambos os dous modelos coinciden en sinalar a importancia das condicións de afloramento no verán, que aseguran a dispoñibilidade de plancto para a sardiña. Non obstante, cómpre ter en conta que as áreas de recrutamento varían en relación co tamaño da poboación (Carrera e Porteiro, 2003). Deste xeito, cando a poboación é grande, a área de reprodución esténdese desde o mar Cantábrico ata o norte de Portugal, reducíndose a núcleos nas augas máis costeiras do golfo de Biscaia e Portugal cando a poboación é pequena. A falta de sardiña en Galicia desde a década de 1990 pódese explicar polo efecto combinado dunha redución das migracións dos adultos, que permaneceron no norte de Portugal e na costa cantábrica, e a retención das novas sardiñas (desde ovos ata xoubas) na proximidade das costas nesas áreas (Carrera e Porteiro, 2003). Isto vén confirmado pola prevalencia de

ventos do norte neses anos, en correspondencia con valores elevados do índice NAO e condicións de afloramento invernal que afastaron da costa as poucas larvas eclusionadas en Galicia (Stratoudakis e cols., 2003).

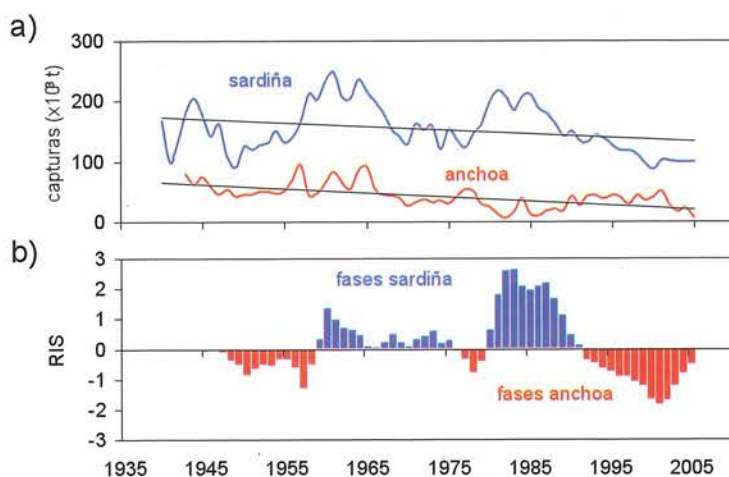


Figura 4. Capturas anuais de sardiña e anchoa en toda a rexión ibérica (a, $\times 10^3$ t) e fases de dominancia relativa de cada especie segundo o índice RIS (b). Indícanse as liñas de tendencia interanual (véxase a táboa 1).

A dualidade sardiña-anchoa nas augas ibéricas

As fluctuacións entre dúas ou máis especies de peixes que dominan de forma alternativa en períodos de varios anos son comúns nas áreas de afloramento. O caso máis coñecido é o dos ciclos decadais de sardiñas e anchoas que acontecen de forma sincrónica en todo o mundo (Lluch-Cota e cols., 1989; Schawartzlose e cols., 1999; Chávez e cols., 2003). En Galicia coñécese desde antigo que a substitución alternativa de sardiña, espadín, anchoa e xurelo nas pesqueiras costeiras non é só atribuíble ás migracións (Anadón, 1950). As capturas de anchoa, o mesmo que as de sardiña, amosan un descenso significativo de máis de 600 t ano^{-1} de media nos últimos 60 anos (táboa 1) e tamén grandes fluctuacións (figura 4a). Estas fluctuacións foron sincrónicas coas da sardiña ata finais da década de 1970, pero, desde entón, os valores de captura de ambas as especies indican un desfase. A correlación entre as capturas de sardiña e anchoa ata 1978 foi positiva ($r = 0,534$, $n = 36$, $P < 0,01$), mentres que despois de 1978 foi negativa ($r = -0,440$, $n = 27$, $P < 0,05$). A pesar deste cambio e de que os valores absolutos das capturas de sardiña son moi superiores aos da anchoa, é posible recoñecer períodos multianuais de dominancia relativa dunha ou doutra especie mediante o índice RIS (figura 4b). Estes períodos, polo xeral, teñen unha duración de entre 10 e 15 anos, sendo máis regulares desde 1978. O cambio observado en 1978 pódese relacionar cos cambios nos ecosistemas doutras rexións do Atlántico norte (Alheit e Hagen, 1997) e do Pacífico (Chávez e cols., 2003). En ambos os dous casos o cambio atribuíuse a variacións climáticas a escala global, manifestadas polo fenómeno de El Niño e reflectidas nos valores do índice NAO.

Estas fluctuacións alternativas de sardiñas e anchoas explícanse actualmente polas diferentes adaptacións de cada especie ao ambiente cambiante das rexións de afloramento, sobre todo polas adaptacións ao alimento dispoñible en cada caso. Ambas as dúas especies son planctívoras, pero a sardiña está mellor adaptada para a filtración pasiva de plancto de pequeno tamaño se este é moi abundante, como o fitoplancto e os pequenos copépodos que dominan en condicións de aflora-

mento (Bode e cols., 2007b, Van der Lingen e cols., 2008). Pola contra, a anchoa non é un filtrador tan eficiente como a sardiña, aínda que está moi ben adaptada á caza e captura activa de zooplancto. Unha análise das condicións climáticas e oceanográficas durante estas fluctuacións (Bode e cols., 2006; ICES, 2007b) permitiu acadar un modelo conceptual relacionando as condicións climáticas dominantes coa maior ou menor abundancia relativa dunha ou outra especie (figura 5). Por unha banda, a prevalencia dun clima de tipo boreal, con ventos de compoñente norte, característico das anomalías positivas do índice NAO, favorece os eventos de afloramento e a produción de diatomeas no fitoplancto (capítulo 16), así como a de pequenos copépodos como *Acartia* spp. no zooplancto (capítulo 17). Este tipo de plancto, xeralmente en concentracións elevadas, é o alimento idóneo para a sardiña. Por outra banda, as condicións climáticas de influencia subtropical, con ventos de compoñente sur, ou polo menos cunha redución na frecuencia de ventos do norte, diminúen a frecuencia e intensidade do afloramento, polo que tamén decrece a abundancia de diatomeas mentres aumenta a dos dinoflaxelados e dos copépodos de maior tamaño e típicos de augas oceánicas, como *C. helgolandicus* (capítulo 17). Nestas condicións a competitividade trófica da anchoa resulta superior, pola súa maior capacidade de predación, que a da sardiña. Un modelo similar aplícase noutras rexións de afloramento (Van der Lingen e cols., 2008). A bondade deste modelo conceptual pódese comprobar mediante a regresión lineal múltiple entre as capturas de sardiña ibérica e as variables ambientais (táboa 2). Neste caso, o índice NAO non resultou significativo para explicar as capturas de sardiña, pero si o foron a intensidade media do afloramento no verán anterior, as capturas de anchoa e a abundancia de copépodos *Acartia* spp. (factor positivo) e *C. helgolandicus* (factor negativo). En conxunto, estes factores explicaron máis do 80% da variabilidade nas capturas de sardiña ibérica.

CONCLUSIÓNS

No último século as capturas de sardiña véñense reducindo ata achegarse a mínimos históricos na década de 1990. As capturas amosan grandes fluctuacións de duración decadal que foran relacionadas con variacións no recrutamento debidas a factores oceanográficos e climáticos. Non obstante, a interacción do clima e a oceanografía coa poboación de sardiña é complexa. Unha excesiva intensidade do afloramento, como consecuencia da dominancia de ventos do norte, pode dispersar os ovos e as larvas de sardiña durante o inverno e a primavera, mentres que un afloramento pouco intenso na primavera e no verán pode causar unha diminución do plancto adecuado para a alimentación das xoubas e adultos. Así e todo, as condicións óptimas para o recrutamento non variaron significativamente nos últimos 100 anos, malia a recente diminución observada na intensidade do afloramento (capítulo 13). Ademais do efecto directo do clima e a oceanografía sobre a sardiña, os efectos indirectos a través da rede trófica poden ter unha importancia mesmo maior se temos en conta que os cambios climáticos previsibles, como o incremento da temperatura, afectarán en primeiro lugar ás presas da sardiña. Unha diminución excesiva na dispoñibilidade de copépodos de pequeno tamaño, consecuencia da redución do afloramento, pode causar unha redución na abundancia de sardiña ibérica, con efectos máis intensos nalgunhas zonas como Galicia por mor da diminución nas migracións desde áreas próximas. No entanto, os cambios na composición do plancto poden favorecer outras especies como a anchoa. Os efectos directos e indirectos do clima poden actuar sinerxicamente ou en oposición, o que dificulta as predicións sobre a resposta dos pequenos peixes peláxicos, como a sardiña, ante os cambios climáticos a longo prazo.

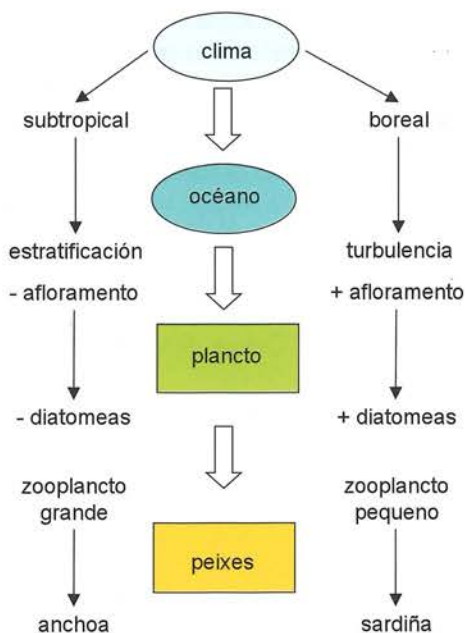


Figura 5. Esquema-resumo da hipótese explicativa das relacións entre o clima e os factores tróficos que favorecen as poboacións de sardina ou anchoa na rexión ibérica (adaptado de ICES, 2007b).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o esforzo continuado de todos os pescadores, investigadores e persoal técnico que contribúen á recompilación, mantemento e estudo das series de datos de capturas de pesca, neste caso de sardina. Estas series conteñen unha información básica fundamental para comprender o funcionamento das poboacións de peixes e dos ecosistemas en que se desenvolven. Parte da análise foi feita como contribución ao proxecto REFORZA (PGDIT06RMA60401PR), da Consellería de Innovación e Industria da Xunta de Galicia. Este estudo foi financiado parcialmente pola Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible da Xunta de Galicia (Programa CLIGAL).

BIBLIOGRAFÍA

- Alheit J. and Hagen E. (1997). Long-term climate forcing of European herring and sardine populations. *Fisheries Oceanography*, **6**(2), 130-139.
- Anadón E. (1950). Sobre la sustitución alternativa en el litoral gallego de los llamados peces emigrantes (sardina, espadín, anchoa y jurel). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, **24**, 1-20.
- Bode A., Álvarez-Ossorio M. T., Cabanas J. M., Porteiro C., Ruiz-Villareal M., Santos M. B., Bernal M., Valdés L. and Varela M. (2006). Recent changes in the pelagic ecosystem of the Iberian Atlantic in the context of multidecadal variability. *ICES C.M.* 2006/C:07. 20 pp.
- Bode A., Varela M. e Alvarez-Ossorio M.T. (2007a). O ecosistema peláxico. En: A. Cordero e R. Barreiro (eds.), *Ecoloxía. Proxecto Galicia*. Hércules de Ediciones, A Coruña, pp. 513-533.

- Bode A., Álvarez-Ossorio M. T., Cunha M. E., Garrido S., Peleteiro J. B., Porteiro C., Valdés L. and Varela M. (2007b). Stable nitrogen isotope studies of the pelagic food web on the Atlantic shelf of the Iberian Peninsula. *Progress in Oceanography*, **74**, 115-131.
- Borges M. F., Santos A. M. P., Crato N., Mendes H. and Mota B. (2003). Sardine regime shifts off Portugal: a time series analysis of catches and wind conditions. *Scientia Marina*, **67**(Suppl. 1), 235-244.
- Carrera P. and Porteiro C. (2003). Stock dynamic of the Iberian sardine (*Sardina pilchardus*, W.) and its implication on the fishery off Galicia (NW Spain). *Scientia Marina*, **67**(Suppl. 1), 245-258.
- Chavez F. P., Ryan J. P., Lluch-Cota S. E. and Niquen M. (2003). From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science*, **299**, 217-221.
- Cury P. and Roy C. (1989). Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **46**, 670-680.
- Guisande C., Cabanas J. M., Vergara A. R. and Riveiro I. (2001). Effect of climate on recruitment success of Atlantic Iberian sardine *Sardina pilchardus*. *Marine Ecology Progress Series*, **223**, 243-250.
- Guisande C., Vergara A. R., Riveiro I. and Cabanas J. M. (2004). Climate change and abundance of the Atlantic-Iberian sardine (*Sardina pilchardus*). *Fisheries Oceanography*, **13**, 91-101.
- Hurrell J. W. (1995). Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. *Science*, **269**, 676-679.
- ICES (2007a). Report of the ICES Advisory Committee on Fishery Management, Advisory Committee on the Marine Environment and Advisory Committee on Ecosystems, 2007. *ICES Advice*, **7**, 94 pp.
- ICES (2007b). Report of the ICES/GLOBEC Workshop on long-term variability in SW Europe (WKLT-VSWE). *ICES C.M. 2007/LRC:02*, 111 pp.
- ICES (2007c). Report of the Workshop on the integration of environmental information into fisheries management strategies and advice (WKEFA). *ICES C.M. 2007/ACFM:25*, 182 pp.
- Lavin A., Díaz del Río G., Cabanas J. M. y Casas G. (1991). Afloramiento en el Noroeste de la Península Ibérica. Índices de afloramiento para el punto 43° N 11° W. Periodo 1966-1989. *Informes Técnicos. del Instituto Español de Oceanografía*, **91**, 1-40.
- Lluch-Cota D.B., Hernández-Vázquez S. and Lluch-Cota S.E. (1997). Empirical investigation on the relationship between climate and small pelagic global regimes and El Niño-Southern Oscillation (ENSO). *FAO Fisheries Circular*, 934, FAO, Rome.
- Richardson A. J., Walne A. W., John A. W. G., Jonas T. D., Lindley J. A., Sims D. W., Stevens D. and Witt M. (2006). Using continuous plankton recorder data. *Progress in Oceanography*, **68**, 27-74.
- Santos A. M. P., Borges M. D. F. and Groom S. (2001). Sardine and horse mackerel recruitment and upwelling off Portugal. *ICES Journal of Marine Science*, **58**(3), 589-596.
- Schwartzlose R. A., Alheit J., Bakun A., Baumgartner T. R., Cloete R., Crawford R. J. M., Fletcher W. J., Green-Ruiz Y., Hagen E., Kawasaki T., Lluch-Belda D., Lluch-Cota S. E., MacCall A. D., Matsuura Y., Nevarez-Martínez M. O., Parrish R. H., Roy C., Serra R., Shust K. V., Ward M. N. and Zuzunaga, J. Z. (1999). Worldwide large-scale fluctuations of sardine and anchovy populations. *South African Journal of Marine Science*, **21**, 289-347.

- Stratoudakis Y., Bernal M., Borchers D. and Borges M.F. (2003). Changes in the distribution of sardine eggs and larvae off Portugal, 1985-2000. *Fisheries Oceanography*, **12**(1), 49-60.
- van der Lingen C. D., Bertrand A., Bode A., Brodeur R., Cubillos L., Espinoza P., Friedland K., Garrido S., Irigoien X., Möllman C., Rodríguez-Sánchez R., Tanaka H. and Temming A. (2008). Chapter 8. Trophic dynamics of small pelagic fish. In: D.M. Checkley, C. Roy, J. Alheit and Y. Oozeki (eds), *Climate change and small pelagic fish*. GLOBEC Project Office, in press.