

IMPACTO DO CAMBIO CLIMÁTICO NAS CONDICIÓN OCEANOGRÁFICAS E NOS RECURSOS MARIÑOS

A. Bode^{1*}, X. A. Álvarez-Salgado^{2*}, M. Ruíz-Villarreal¹, R. Bañón Díaz³,
C. González Castro², J. Molares Vila⁴, J. Otero², G. Rosón⁵ e M. Varela¹

¹ Instituto Español de Oceanografía
Centro Oceanográfico da Coruña
Apdo. 130. 15080 A Coruña.

² CSIC, Instituto de Investigacións Mariñas
Eduardo Cabello 6, 36208 Vigo.

³ Unidade Técnica de Pesca de Baixura (UTPB)
Dirección Xeral de Recursos Mariños
Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos
Rúa do Valiño 63-65, 15703 Santiago de Compostela.

⁴ Centro de Investigacións Mariñas
Pedras de Corón s/n. 36620 Vilanova de Arousa, Pontevedra.

⁵ Universidade de Vigo
Campus de Lagoas-Marcosende, 36200 Vigo.

* Correo_e: antonio.bode@co.ieo.es, xsalgado@iim.csic.es

RESUMO

Neste capítulo recóllese os impactos que o cambio climático podería producir nas condicións hidrográficas e dinámicas dos ecosistemas mariños de Galicia no horizonte dos anos 2070-2100 e as posibles repercusións negativas sobre os recursos mariños explotables de Galicia de acordo co coñecemento actual das tendencias observadas e dos escenarios climáticos previstos polo Panel Intergubernamental para o Cambio Climático (IPCC). A incerteza das predicións realizadas clasifícase nunha escala cualitativa con tres categorías: alta, media e baixa. As predicións apuntan con bastante fiabilidade a unha subida do nivel do mar entre 0,5 e 1,4 metros, un incremento da temperatura superficial da auga entre 1 e 3 °C, e un descenso de pH en torno a 0,35 unidades. Estes efectos producirán, cunha probabilidade elevada, cambios na configuración da costas, afectando á distribución das especies intermareais, con especial referencia aos moluscos explotados nos bancos marisqueiros e á extensión dos areais, sistemas dunares e zonas húmidas. Tamén producirían un descenso acusado da capa de mestura invernal no océano adxacente a Galicia e, en consecuencia, unha redución substancial da biomasa de fitoplancto producida na proliferación primaveral. Igualmente, favorecerían a chegada ás costas galegas de especies de peixes subtropicais e a migración cara a latitudes maiores de especies propias de sistemas temperados. Por último, a acidificación pode chegar a ter un impacto relevante sobre a fecundación, o desenvolvemento larvario, o crecemento e a calcificación dos moluscos bivalvos explotables. Desgrazadamente, as predicións sobre a evolución do réxime de ventos costeiros son pouco fiables, o que impide ter predicións robustas sobre aquelas variables máis dependentes da frecuencia e intensidade do afloramento, tales como a taxa de renovación das rías ou a súa fertilización, que, pola súa vez, exercen un efecto directo sobre aspectos como a abundancia, a composición e a actividade do fitoplancto e o zooplancto, o recrutamento da sardiña e o polbo ou o crecemento e a calidade do mexillón. En calquera caso, e anticipando o principio de precaución requirido nas futuras medidas adaptativas, unha redución da frecuencia e intensidade dos ventos de compoñente norte da mesma orde da observada na derradeira metade do século XX, en combinación co aumento da temperatura superficial entre 1 e 3 °C, produciría unha duplicación do tempo de residencia das rías, un descenso da produción neta en torno ao 15%, un aumento da frecuencia de aparición e da biomasa de dinoflaxelados, co

consequente aumento do número de días de peche dos polígonos de mexillón, un descenso da taxa de crecemento e da calidade deste molusco e unha redución das capturas de polbo e sardiña, que probablemente se desprazarían cara a maiores latitudes.

SUMMARY

We summarise here the possible impacts of climate change on the hydrography and dynamics of the marine ecosystems of Galicia, and their consequences for the exploitation of marine resources, over the period 2070-2100. These analyses are based on current knowledge about the response of the marine ecosystems of Galicia to the changing regional climate conditions, and the climate scenarios proposed by the Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC). The predictions are classified in three categories according to their reliability: low, medium and high. It is highly probable that sea level will rise by 0.5 to 1.4 meters, the sea surface temperature will increase by 1 to 3°C, and seawater pH will decrease by 0.35 units by the end of this century. These effects would produce changes in the coastline configuration, affecting the distribution of intertidal organisms, especially the exploitable shellfish species, reducing the domain of sand beaches, dune systems and salt marshes. They would also reduce the thickness of the winter mixed layer and, consequently, produce a substantial reduction of the phytoplankton biomass during the spring bloom. The increasing occurrence of fish species of subtropical origin and the displacement to northern latitudes of species characteristic of temperate waters would be expected as well. Finally, acidification could have a significant impact on fecundity, larval survival, growth, and the calcification of exploitable shellfish species. Unfortunately, IPCC estimates about the future evolution of the coastal wind regime in our area are poor, which does not enable us to have a robust prediction about the variables strongly dependent upon the frequency and intensity of coastal upwelling, such as the renewal time of the Rías or their rate of fertilization that, in turn, directly affect the abundance, composition and activity of phytoplankton and zooplankton, sardine and octopus recruitment or blue mussel growth. In any case, invoking the principle of caution to the adaptation to climate change, it could be said that the response of the marine ecosystem of Galicia to a reduction of frequency and intensity of the winds of the same magnitude that occurred in the second half of the 20th century, in combination with the highly probable increase in sea surface temperature, would produce a duplication of the renewal time of the Rías, a decrease in their net productivity of 15%, an increase in the occurrence and the biomass of harmful dinoflagellates, a decrease in the growth rate of blue mussels, and a reduction in the captures of common octopus and Atlantic sardine, which would probably be displaced to northern latitudes.

INTRODUCCIÓN

Nos capítulos 12 a 24 móstrase o estado actual do coñecemento sobre as evidencias do cambio climático nas augas costeiras, de plataforma e oceánicas de Galicia e dos seus recursos. Esta síntese requiriu dun esforzo considerable para reunir as series temporais de datos dispoñibles e de análise das tendencias. Con todo, o estudo de evidencias presentou unha notable carencia de series de observación verdadeiramente longas e sistemáticas apropiadas para a análise dos efectos a longo prazo, como son os causados polo cambio do clima. Nalgúns poucos casos os datos permitiron obter relacións paramétricas entre factores ambientais influenciados directamente polo clima e variables relevantes para o ecosistema ou os recursos mariños (ex. a produción neta no capítulo 14; o mexillón, no capítulo 19; ou o polbo, no capítulo 21). O principal factor de influencia ademais da temperatura, resultou ser o afloramento, que reduciu notablemente a súa frecuencia e intensidade nos últimos 40 anos (capítulos 12 e 13). Menos evidencias existen dos posibles efectos indirectos do clima sobre os recursos vivos. Por exemplo, no capítulo 19, estímase que a redución do período de extracción do mexillón nas rías se debe indirectamente á diminución do afloramento, ao aumentar a tempo de renovación das augas no interior das rías (capítulo 13) e favorecerse o desenvolvemento das proliferacións de microalgas nocivas. Do mesmo xeito, no capítulo 20 discútense a posible



regulación das poboacións de sardiña pola dispoñibilidade de plancto axeitado á súa alimentación, plancto que é favorecido por unhas determinadas condicións ambientais dependentes do afloramento e, finalmente, do clima.

Ademais dos efectos directos e indirectos do clima sobre os recursos mariños, hai que ter en conta que existen outros factores que afectan á súa abundancia. Destes factores os principais son de orixe antropoxénica, como a pesca e a contaminación, e tamén as alteracións do hábitat producidas por construcións e dragaxes na costa. Así mesmo, moitas especies son introducidas directa ou indirectamente pola actividade humana (ex. a ameixa xaponesa ou a macroalga *Sargassum muticum*), e moitas destas especies poden incluso desprazar ás nativas (Arenas e cols., 2002). A dificultade para a identificación dos efectos destes e outros factores e separalos dos do cambio climático radica na capacidade dos organismos mariños para atenuar os posibles efectos, mediante adaptacións fisiolóxicas ou de comportamento (ex. migracións) e, nalgúns deles (ex. peixes, mamíferos ou aves) pola súa lonxevidade, que lles permite integrar as variacións ao nivel de poboación e mesmo de individuo. A complexidade dos ciclos vitais de moitas especies, con ovos, larvas e adultos moitas veces separados en diferentes zonas das masas de auga, fai que os efectos dun factor sexan diferentes, ou mesmo de signo oposto, en cada fase do ciclo.

Polo anteriormente indicado, non é posible actualmente realizar unha análise precisa da evolución dos ecosistemas e recursos mariños a nivel rexional e local. Porén, é posible avanzar algúns dos posibles efectos do cambio climático empregando a metaanálise, é dicir, a síntese de coñecementos específicos sobre a variabilidade a longo prazo de cada unha das compoñentes do ecosistema e as proxeccións dos modelos climáticos. Co obxectivo de realizar predicións sobre a posible evolución das condicións oceanográficas e dos recursos vivos mariños nas costas de Galicia a finais deste século XXI, a continuación preséntanse as previsións de cambio nas distintas variables mariñas analizadas nos capítulos 12 a 24. Para cada variable tívose en conta a fiabilidade tanto das evidencias encontradas como das predicións climáticas dispoñibles. Dadas as incertezas debidas ao escaso coñecemento de moitas das relacións entre o clima e o océano, os resultados revelan a actual incapacidade para realizar proxeccións precisas do estado do mar de Galicia e dos seus recursos a longo prazo. Non obstante, e anticipando o principio de precaución requirido nas futuras medidas adaptativas, destácanse algúns dos posibles efectos negativos do cambio climático sobre os recursos mariños de Galicia baseados no coñecemento actual das tendencias observadas.

Proxeccións do clima

Debido á ausencia de proxeccións climáticas precisas para a rexión de Galicia, neste capítulo utilízanse as previsións dos modelos climáticos rexionais empregados no último informe do Panel Intergubernamental para o Cambio Climático (IPCC, 2007). Estes modelos están baseados sobre principios físicos ben establecidos e amosaron a súa capacidade para reproducir as condicións do clima recente e pasado. Deste xeito considérase que os modelos axustados atmosfera-océano producen estimacións cuantitativas realistas sobre os cambios futuros do clima. Porén, a fiabilidade das predicións é maior para unhas variables (ex. temperatura) que para outras (ex. precipitación). Tamén hai que ter en conta que os modelos actuais proporcionan mellores estimacións para escalas espaciais grandes, particularmente do tamaño dos continentes. As simulacións dos modelos climáticos considerados (ata 22 tipos de modelos diferentes) teñen en conta a resposta do sistema climático ao rango de posibles condicións futuras empregando diferentes escenarios de emisións de gases de efecto invernadoiro (GEI). Estes escenarios inclúen desde niveis constantes de GEI, equivalentes aos do ano 2000, ata niveis de GEI catro veces superiores aos dese ano. Non se teñen en conta posibles medidas correctoras sobre o aumento dos GEI. As predicións fanse como valores medios de todos

os modelos dispoñibles e para o período 2070-2100. Para a metaanálise das predicións dos impactos no mar e recursos mariños de Galicia neste capítulo, consideráronse os valores medios para a rexión europea máis próxima ao sur das illas Británicas e para todos os escenarios climáticos. Os detalles metodolóxicos sobre as proxeccións climáticas pódense consultar no informe completo do IPCC (IPCC, 2007).

As principais predicións para esta rexión apuntan a un incremento nas temperaturas atmosféricas medias maior que a media global, cun maior quentamento nas zonas do norte no inverno e nas do sur no verán. Estas tendencias tamén son esperables nos valores máximos estacionais. Polo que respecta ás precipitacións, espérase unha diminución xeral dos valores medios anuais, aínda que os fenómenos de precipitación intensa (ex. treboadas) poden ser cada vez máis frecuentes. De especial interese para Galicia son as condicións de vento, xa que a frecuencia e intensidade dos ventos de compoñente norte determinan o afloramento. Non obstante, os resultados dos modelos climáticos empregados non son aínda concluíntes, pois mentres que uns modelos suxiren o aumento da velocidade do vento no norte de Europa, outros indican o contrario. Os resultados dos diferentes modelos varían estacionalmente, como é de esperar, pero os detalles destas variacións dependen máis do modelo que das zonas consideradas. Un dos factores determinantes desta variabilidade é a estimación dos gradientes de presión atmosférica na dirección norte-sur para o período analizado. Como Galicia ocupa unha posición de transición entre as áreas de influencia atlántica e continental-mediterránea, as predicións de intensidade e frecuencia dos ventos nos modelos actuais do IPCC non son moi robustas.

Outro factor a ter en conta é a posible modificación na circulación de correntes no Atlántico norte como consecuencia do incremento na achega de auga de desxeo no norte de Europa. Algúns estudos suxiren que mesmo se podería chegar a deter a circulación termohalina que mantén un clima moderado e húmido no noroeste europeo, incluíndo Galicia (Bryden e cols., 2005). Aínda que algúns modelos predín que o incremento dos GEI podería reducir aínda máis a circulación de retorno de auga subtropical no Atlántico e, polo tanto, diminuír o quentamento das augas, a opinión actual é que non é moi probable unha inversión das tendencias nas temperaturas (IPCC, 2007).

Impactos nas condicións oceanográficas

As proxeccións dos impactos do cambio climático nas condicións oceanográficas preto de Galicia a finais deste século están de acordo coas tendencias observadas tanto a nivel rexional como global (táboa 1).

Temperatura e salinidade

En Galicia observouse un incremento da temperatura superficial consistente coa tendencia observada a nivel global nos últimos 50 anos e unha lixeira diminución nas augas subsuperficiais das zonas máis influenciadas polo afloramento, nas Rías Baixas (capítulos 13 e 14). As predicións indican para Galicia un aumento da temperatura superficial do mar entre 1-3 °C (dependendo do escenario de emisións). De todos os xeitos, este incremento no mar sería de menor entidade que o predito para a terra. En canto ao posible incremento da temperatura nas capas subsuperficiais e no fondo, especialmente de interese para a estimación da estratificación, non se dispón de estimacións fiables, principalmente pola escasa lonxitude e cobertura das series temporais de observacións e a pouca resolución espacial dos modelos climáticos. Do mesmo xeito, a fiabilidade das predicións sobre a temperatura das augas é media debido á incerteza sobre a evolución do afloramento a longo prazo.



A escala global, tanto as tendencias como os modelos indican unha diminución da salinidade, principalmente como resultado do desxeo nos polos (IPCC, 2007). En Galicia observouse un lixeiro aumento da salinidade na superficie nas Rías Baixas pero non fronte á Coruña (capítulo 14), mentres que no mar Cantábrico se rexistrou unha diminución (González-Pola e cols., 2005), o que evidencia a gran variabilidade local aínda en zonas próximas. Tendo en conta, ademais, a incerteza nas proxeccións das precipitacións, que poderían afectar significativamente á salinidade superficial, non é posible facer predicións fiables das variacións en salinidade nas augas próximas a Galicia.

Nivel do mar

O incremento observado no nivel do mar en Galicia (capítulo 14) e similar ao observado no océano global que se viu especialmente acelerado nos últimos 50 anos (IPCC, 2007). As proxeccións indican un aumento medio global de 50 a 140 cm, entre os valores observados en 1990 e os esperados no ano 2100 (Rahmstorf, 2007). O incremento estimado é espacialmente variable, pero o Atlántico NE é das zonas de maior aumento, debido principalmente á expansión térmica das augas. A maior incerteza nas estimacións é debida á predición do desxeo, que ten impacto sobre todo no valor máximo de aumento. O incremento do nivel do mar en Galicia afectará fundamentalmente ás praias, reducindo a súa extensión, aos complexos praia-barreira-lagoas, incrementando a erosión do cordón dunar asociado, e marismas, contribuíndo á súa progresiva salinización. Os organismos que habitan estes ecosistemas poden adaptarse modificando a súa distribución no litoral. Os maiores efectos serán na distribución dos organismos intermareais, que verán alterada a dispoñibilidade de superficies para ocupar.

Correntes

Mentres que a nivel oceánico o principal cambio nas correntes sería a diminución da circulación xeral do Atlántico debido ao desxeo (Bryden e cols., 2005), en Galicia destaca máis a posible intensificación da velocidade das capas superficiais da corrente Ibérica cara ao Polo (CIP) polos ventos do sur e a redución das capas máis profundas pola redución do gradiente meridional de temperatura. Debido a que ambos os efectos son contrapostos, a fiabilidade dunha proxección de aumento ou diminución da CIP é baixa.

Afloramento

A redución da intensidade e duración do afloramento en Galicia e Portugal nas últimas décadas (capítulo 13) parece ser un fenómeno rexional que non se repite sistematicamente noutras rexións de afloramento. Aínda que, a nivel global, o aumento do gradiente de temperatura entre mar e terra podería inducir un aumento do afloramento (Bakun, 1990), as series de observacións non amosan un patrón xeral consistente, principalmente debido aos efectos de perturbacións climáticas (Escribano e cols., 2004) ou ás diferentes respostas rexionais (Lemos e Sansó, 2006). A baixa resolución dos modelos globais non permite resolver ben as zonas de afloramento, particularmente de Galicia, sobre todo no referente ás estimacións dos ventos. No informe do IPCC non se fai ningunha predición específica das condicións de afloramento a nivel rexional (IPCC, 2007). A pesar de que as tendencias á diminución na frecuencia e intensidade do afloramento galego nos últimos 40 anos son significativas, a fiabilidade das predicións sobre a evolución do afloramento ata finais de século debe considerarse baixa. Ademais, a variabilidade interdecadal aínda non se comprende ben. O

afloramento depende tanto de axustes na circulación global como de efectos locais. Non obstante, hai que ter en conta que os cambios no afloramento teñen influencia non só na renovación dos nutrientes, e na circulación estuárica nas rías, senón tamén na retención, exportación de materia e organismos (táboa 1).

Condições químicas

De acordo co previsible incremento da temperatura nas augas oceánicas fronte a Galicia, cabe esperar unha diminución da profundidade da capa de mestura invernal e, polo tanto, da concentración de sales nutrientes desas augas no momento da proliferación primaveral de fitoplancto. Tendo en conta un aumento de 1 a 3 °C de temperatura e asumindo que a actual relación nitrato-temperatura para as augas subtropicais e subpolares do Atlántico norte (capítulo 14) se mantéña no horizonte dos anos 2070-2100, a concentración de nutrientes diminuiría entre un 30% e un 90% dos niveis actuais ao norte de 45 °N, mentres que as augas formadas ao sur de 42 °N estarían practicamente esgotadas de nutrientes.

Por outra banda, o descenso dos ventos de compoñente norte, aínda que provocan un descenso da cantidade de nutrientes que afloran na plataforma, tamén incrementan o tempo de residencia da auga aflorada no interior das rías, de tal xeito que a produción neta no seu interior non diminúe tanto como cabería esperar só pola fertilización debida ao afloramento (capítulo 14). Así, para o período 2070-2100 cabería esperar unha redución dun 15% co respecto a produción neta actual nas Rías Baixas, considerando unha redución dun 25% na intensidade dos ventos de compoñente norte. Porén, as predicións das concentracións de nutrientes e a súa utilización a longo prazo son pouco fiables, pois dependen da incerteza nas estimacións do afloramento.

Un aspecto a ter tamén en conta é a acidificación das augas mariñas a consecuencia de, en orde de importancia: i) a disolución na auga do CO₂ acumulado na atmosfera pola queima de combustibles fósiles; ii) a redución da produción primaria; iii) o incremento da rexeneración peláxica e bentónica; e iv) o aumento da temperatura (capítulos 13, 14 e 15). Para o horizonte dos anos 2070-2010, asumindo que os niveis de pCO₂ na atmosfera acaden as 850 ppmv, que a temperatura da auga estea 2 °C por riba da actual, e a produción neta do ecosistema peláxico das rías se teña reducido nun 15% respecto do valor actual, o pH medio das augas superficiais das rías estaría en torno a 7,88 no verán (0,35 unidades por debaixo do valor actual) e 7,82 no inverno (0,33 unidades por debaixo do valor actual). En termos de saturación de CaCO₃, significa que as rías estarían saturadas ao 130% no verán e ao 100% no inverno respecto da aragonita e ao 200% no verán e ao 160% no inverno respecto da calcita. En comparación, na actualidade as saturacións son do 250% e 200% para a aragonita e do 390% e 320% para a calcita.

Impactos no ecosistema

Plancto

Os estudos das series temporais de fitoplancto existentes (capítulo 15) indican unha diminución da abundancia de diatomeas e incremento dos dinoflaxelados (1958-2006), pero non se atoparon tendencias claras na biomasa nin na produtividade total. Non obstante, no capítulo 14, estímase que a diminución do afloramento produciu unha diminución da produción neta, pola redución na chegada de nutrientes e o incremento da reciclaxe. Esta diminución sería máis intensa na plataforma, xa que as rías reciben máis nutrientes dos que son quen de procesar no tempo que a auga reside



nelas e, ademais, a súa presenza incrementa a rexeneración de nutrientes na plataforma e favorece a súa reutilización polo fitoplancto. Estas tendencias relaciónanse só de xeito xeral coas variacións do clima (p. ex. o índice NAO) mentres que presentan unha maior relación co afloramento a curto prazo. Debido á escaseza de series temporais longas, as posibles predicións a longo prazo a partir das tendencias atopadas serán de fiabilidade baixa (táboa 2).

Cambios na composición de especies de fitoplancto poden afectar á produtividade, xa que as diatomeas son as principais responsables da exportación de materia orgánica ao sedimento e a alimentación dos consumidores. Tamén a maior presenza de dinoflaxelados pode incrementar os episodios de proliferacións de microalgas nocivas, xa que moitas das especies causantes destas proliferacións son dinoflaxelados. No capítulo 19 móstrase o incremento do período de peche das rías debido a episodios de toxicidade algal nos últimos 40 anos como consecuencia da diminución no afloramento, o que pode ser unha evidencia indirecta do incremento nos dinoflaxelados e, polo tanto, do cambio na composición de especies do fitoplancto nas rías. En canto á diminución da produtividade, especialmente da produción neta, polo de agora non é posible unha predición con alta fiabilidade, a pesar das correlacións atopadas no capítulo 14, debido ás incertezas sobre a interacción entre o posible aumento da estratificación polo quentamento da superficie e a diminución do afloramento. Por unha banda, unha maior estratificación restrinxe o fitoplancto na capa superficial, onde a produción está limitada pola cantidade de nutrientes inicialmente presentes nesa capa. Por outra banda, unha menor achega de nutrientes polo afloramento reduce aínda máis as posibilidades de manter unha alta produción primaria durante longos períodos de tempo. Ambos os dous efectos contribúen a reducir a produtividade do ecosistema. Porén, en Galicia, a circulación da auga nas rías amplifica grandemente a fertilización do afloramento, por canto os nutrientes, inicialmente achegados polo afloramento e transformados en materia orgánica polo fitoplancto, son rexenerados varias veces en pouco tempo (de semanas a meses) e poden volver a ser reutilizados na produción de biomasa (capítulo 14). Deste xeito, aínda que a produción neta de materia orgánica diminúa, a produtividade total pode ser aínda suficiente para manter unha elevada biomasa de consumidores, como son os principais recursos pesqueiros e marisqueiros das rías.

No caso do zooplancto obsérvase unha diminución da biomasa e dos copépodos no océano e incremento na costa no período 1958-2006 (capítulo 16). Tamén se observou un incremento de especies de augas cálidas. Aínda que, como no caso do fitoplancto, as correlacións obtidas sexan significativas, a limitada lonxitude da serie temporal non permite extrapolacións precisas. Ademais, existen diferenzas notables nas distintas series como consecuencia da importancia dos efectos locais. Con todo, a dependencia do plancto das condicións do afloramento e circulación na plataforma e nas rías fai que as predicións sobre os cambios nas poboacións planctónicas estea ligada á certeza nas predicións nos factores ambientais, notablemente do afloramento. Unha diminución continuada neste, como se observou nos últimos 40 anos (capítulo 12), podería causar que se acadase un límite para a capacidade de adaptación das poboacións actuais do plancto en Galicia. Isto supoñería unha transformación da composición de especies, biomasa e produción planctónica desde os valores actuais ata outros máis próximos aos que se observan actualmente no mar Cantábrico, por exemplo, no que a influencia do afloramento é menor e onde se observou un incremento da estratificación superficial (Valdés e cols., 2007).

Os cambios no plancto son de grande importancia para todo o ecosistema, xa que tanto o fitoplancto como o zooplancto constitúen a base da rede trófica que leva ata os consumidores superiores (peixes, mamíferos, aves). Por exemplo, un dos efectos máis notables é a perda de sincronía entre os predadores e as súas presas, de xeito que os consumidores non se poden alimentar aínda que nalgún momento existan presas axeitadas para eles. Esta sincronía é fundamental para o bo recrutamento de moitas especies (ex. Beaugrand, 2003; Richardson e Schoeman, 2004). No caso de Galicia, como noutras rexións do Atlántico, non se coñecen aínda suficientemente os posibles

efectos indirectos do cambio climático sobre o ecosistema, pola dificultade de obter series de observación sistemáticas e suficientemente longas.

Peixes

Os impactos máis probables na fauna ictiolóxica mariña de Galicia por efecto do cambio climático serían un incremento na presenza de peixes mariños de carácter tropical, diminución das especies de augas frías e cambios nas pesqueiras litorais (táboa 2). A primeira predición ten unha fiabilidade alta, por canto o quentamento das augas mariñas é unha das predicións máis robustas de todos os modelos climáticos (IPCC, 2007). O incremento tanto da temperatura da auga como dos ventos do sur provocan a chegada de peixes tropicais e subtropicais descoñecidos nas nosas latitudes, e que tiñan o seu límite norte de distribución no norte de África (capítulo 17). A magnitude do fenómeno vén dada polo elevado número de especies de nova aparición e a súa pertenza a distintos hábitats. Pola contra, a presenza de especies de auga fría, de distribución boreal débese en gran medida á anomalía bioxeográfica causada polos afloramentos de augas frías nas costas galegas. O aumento ou diminución da duración e intensidade dos afloramentos vai ser, *a priori*, a causa principal da variación de peixes de augas frías nas nosas costas. A fiabilidade desta predición é media pola incerteza nas condicións de afloramento a longo prazo.

A sobrepesca pode ter un efecto sinérxico sobre o cambio climático. Ambos os dous fenómenos favorecen os peixes de ciclo curto, talle pequeno, rápido crecemento e reprodución temperá e eliminan as especies de maior tamaño, con baixa fecundidade, crecemento lento e que acadan a madurez máis tardiamente. Ademais, pode haber unha substitución de especies nativas por outras semellantes, da mesma familia ou xénero, de augas máis cálidas, ben por desprazamento latitudinal ou por competición intraespecífica. Tanto as especies de menor tamaño como as especies de augas máis cálidas teñen, polo xeral, un menor valor económico, o que influirá nas estratexias de pesca. Non obstante, polo de agora non se poden concretar os cambios nas pesqueiras a longo prazo pola incerteza nas interaccións entre as poboacións de peixes litorais, os factores climáticos e socioeconómicos.

Impactos nos recursos mariños

Marisqueo

A información dispoñible en Galicia sobre a abundancia dos recursos marisqueiros é insuficiente para realizar un estudo rigoroso sobre evidencias do cambio climático. No capítulo 18 intentouse paliar esta deficiencia con información sobre vendas das principais especies con interese comercial: berberecho, ameixa fina, ameixa babosa, cadelucha e percebe, asumindo que a evolución das vendas reflicte a abundancia das súas poboacións. Os resultados obtidos permitiron deducir os efectos da meteoroloxía sobre as poboacións das especies estudadas. Non obstante, a fiabilidade das asociacións atopadas é baixa debido á curta duración dos rexistros existentes. Ademais, os resultados obtidos suxiren que outros factores non analizados por falta de datos, tamén poden estar influíndo de xeito significativo na abundancia destes recursos. É o caso do hidrodinamismo, a incidencia de parasitos e/ou depredadores, ou a influencia dos usos costeiros sobre o hábitat destas especies. Ata que se establezan rexistros continuados de variables fisicoquímicas do medio mariño e ao mesmo tempo análises dos parámetros poboacionais dos principais recursos marisqueiros, non se poderán inferir variacións na produción, asociadas ao cambio climático. Non obstante, as proxeccións que aparecen na táboa 2 relaciónanse coa posibilidade de incremento das tormentas e de seus efectos negativos sobre as poboacións de bivalvos, especialmente no berberecho.

Mexillón

Como se mostrou no capítulo 19, o desenvolvemento do cultivo extensivo de mexillón en Galicia está fortemente ligado á oceanografía do ecosistema de rías, que, pola súa vez, vén condicionada pola peculiar meteoroloxía da zona. Na medida en que o cambio climático afecte á temperatura da auga e aos réximes de precipitación e ventos costeiros, así se verá afectado o cultivo de mexillón (táboa 2).

Pérez-Camacho e cols. (1995) demostraron que o crecemento do mexillón na fase de preengorde pode explicarse cuantitativamente segundo unha simple relación paramétrica coa concentración de clorofila e a velocidade da corrente a través das cordas das bateas. No ecosistema de rías, tanto a velocidade da corrente (capítulo 13) como a produción neta de clorofila (capítulo 15) dependen da intensidade e persistencia dos ventos de compoñente norte. As previsións dunha redución da intensidade dos ventos nun 25% no horizonte dos anos 2070-2100, podería levar un descenso da produción neta de clorofila do 15% e da velocidade da corrente dun 56%, de xeito que a taxa de crecemento do mexillón se podería reducir practicamente á metade. O cambio no réxime de ventos tamén afectaría ao índice de condición do mexillón cultivado en batea, que no caso da ría de Ares-Betanzos, en función da relación paramétrica obtida no capítulo 19, veríase reducido nun 10% con respecto aos valores actuais.

Outra importante consecuencia da redución da intensidade e persistencia dos ventos de compoñente norte sería o aumento da presenza de microalgas tóxicas, que, aínda que non parece ter un efecto sobre o crecemento de mexillón, si que afectarían á súa comercialización ao prohibirse a extracción deste molusco durante os episodios de toxicidade. De acordo coa relación paramétrica atopada por Álvarez-Salgado e cols. (2008), unha redución da intensidade dos ventos do norte nun 25% no horizonte dos anos 2070-2100, provocaría entre 50 e 70 días máis de peches ao ano, dependendo da zona de cultivo nas Rías Baixas.

Un aspecto a ter en consideración no caso de mexillón –como en calquera organismo formador de estruturas de carbonato cálcico (CaCO_3)– é o impacto da acidificación das augas mariñas. Como se indicou anteriormente, en termos de saturación de CaCO_3 , no horizonte dos anos 2070-2100 as rías estarían saturadas ao 130% no verán e ao 100% no inverno respecto da aragonita e ao 200% no verán e ao 160% no inverno respecto da calcita. Por conseguinte, o mexillón cultivado extensivamente nas bateas das rías galegas veríase afectado pola acidificación das augas, que tería un impacto negativo, aínda por cuantificar, tanto sobre a taxa de crecemento, dado que as condicións ácidas estimulan o catabolismo fronte ao anabolismo (Michaelidis e cols., 2005), como sobre a calcificación (Gazeau e cols., 2007). De maior relevancia pode ser o impacto da acidificación sobre a fecundación e o desenvolvemento larvario do mexillón.

Finalmente, o efecto tanto da temperatura como da salinidade sobre o crecemento do mexillón, así como a tolerancia desta especie os cambios que poden experimentar estas variables, revisouse extensivamente no capítulo 19. As predicións sobre a evolución destas variables no horizonte 2070-2010, con quentamentos da orde de 1-3 °C respecto do valor actual e notable descenso das precipitacións no verán e aumento das mesmas no inverno, permiten prever que as condicións do medio permanecerían dentro dos límites de tolerancia deste especie, a excepción dos episodios de riada, nos que os valores de salinidade poderían diminuír por debaixo do 20‰ (Bøhle, 1972; Qiu e cols., 2002), o que provocaría efectos subletais, ou nalgúns casos letais, nas fases larvarias e nos xuvenís e adultos.

Sardiña

No capítulo 20 analizáronse as series de datos máis longas dispoñibles para a pesqueira da sardiña no conxunto da rexión ibérica (1947-2007) e concluíuse que, aínda que existe unha diminución das poboacións a longo prazo, esta vén acompañada de amplas oscilacións decadais. Estes cambios parecen estar máis relacionados coas variacións a curto prazo do afloramento que coas fluctuacións do clima (Guisande e cols., 2004). O afloramento ten un dobre efecto sobre a poboación de sardiña. Por unha banda, un afloramento intenso no inverno impide que haxa un bo recrutamento de sardiña no ano seguinte, ao dispersar as larvas e ovos cara ao océano. Nun escenario de incremento de afloramentos invernales, como parece ocorrer nos últimos anos (figura 1), é previsible que o recrutamento de sardiña diminúa. Por outra banda, a diminución do afloramento no verán pode chegar a limitar a produción de plancto, afectando ao crecemento e a reprodución das sardiñas adultas, co último efecto de diminuír a poboación e previsiblemente tamén as capturas.

Analísese máis recentes destas series de datos revelan que existe unha grande autocorrelación entre cantidade de sardiña pescada en anos sucesivos (Porteiro e cols., 2008). Esta autocorrelación, motivada pola propia dinámica da poboación, fai que as correlacións entre as estimacións do tamaño da poboación de sardiña e as condicións ambientais (p. ex. a temperatura superficial do mar) sexan baixas. Aínda así, se a temperatura aumentase de 1 a 3 °C, podería esperarse un desprazamento da poboación de sardiña cara ao norte (táboa 2). Neste sentido, nos últimos anos xa se notou un incremento da sardiña no mar do Norte (Beare e cols., 2004) e non se pode rexeitar a hipótese de que a sardiña sexa desprazada en Galicia por especies de carácter máis tropical (capítulo 17).

Non obstante, o coñecemento actual das relacións entre a poboación de sardiña e os factores oceanográficos e climáticos aínda non permite unha proxección precisa da súa evolución a longo prazo, tendo en conta, ademais, a incerteza nas estimacións dos modelos climáticos no que se refire ao afloramento na costa de Galicia.

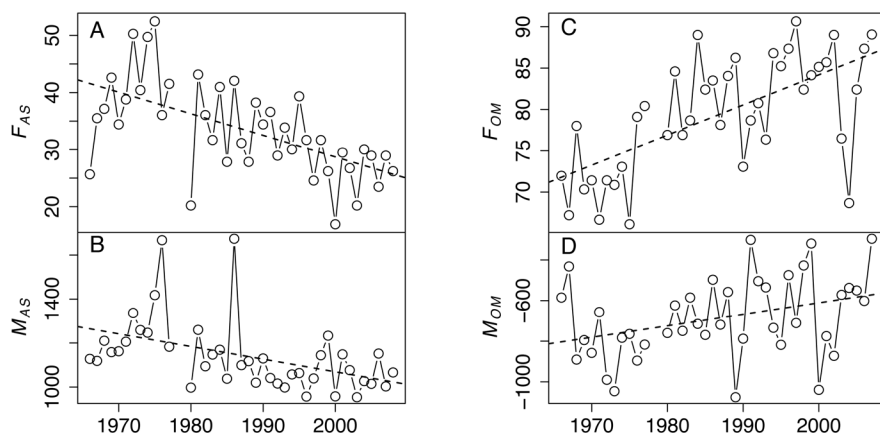


Figura 1. Evolución temporal (1966-2008) dos índices de afloramento utilizados no capítulo 21. A liña de puntos indica a tendencia lineal durante o citado período. (A) F_{AS} (pendente = -0.378; $p < 0.0001$); (B) M_{AS} (pendente = -5.755; $p = 0.002$); (C) F_{OM} (pendente = 0.366; $p < 0.0001$); (D) M_{OM} (pendente = 5.649; $p = 0.0259$)



Polbo

A evolución interanual das capturas de polbo común nas costas galegas está relacionada coas variacións na frecuencia e intensidade do vento durante os períodos do ano favorables ao afloramento e o afundimento, que afectan de forma directa ou indirecta á fase larvaria desta especie, dando lugar a posteriores variacións nas capturas (capítulo 21). A figura 1 amosa a evolución temporal dos índices considerados desde 1966 a 2008. A tendencia durante a época de afloramento (figura 1A, B) é a unha diminución da frecuencia e intensidade do vento, mentres que durante a época de afundimento o índice relevante para as capturas (F_{OM}) incrementouse co tempo (figura 1C), aínda que, se consideramos esta evolución desde 1980, a tendencia no é significativa.

Sobre a base dunha redución da intensidade e duración do afloramento nos meses de primavera e verán para o horizonte 2070-2100, que concorda co observado nos índices considerados para o polbo (figura 1A, B). As capturas de polbo gardan unha relación positiva coa frecuencia, así que unha diminución desta podería ter un impacto negativo. Por outra banda, a relación coa intensidade é negativa, o que podería favorecer as capturas. As previsións a longo prazo anticipan un incremento dos episodios de afloramento durante o inverno. Isto faría que o índice F_{OM} decrecera co tempo, algo que xa se pode intuír pola evolución positiva da intensidade do vento nesa época (figura 1D). As capturas mostran unha relación positiva coa frecuencia, así que unha redución desta podería ter un impacto negativo. Aínda que en xeral as previsións reflectirían un impacto negativo nas capturas, o grao de fiabilidade deste efecto é baixo, dado que a resultante dependería do balance entre intensidade e frecuencia dos ventos, especialmente de outubro a marzo.

Ademais do vento, o incremento da temperatura da auga podería provocar un acurtamento do desenvolvemento embrionario (Caverivière e cols. 1999), o que podería dar lugar a un desaxuste coa presenza de presas na fase planctónica do ciclo de vida, efecto xa observado noutras especies (Platt e cols. 2003). Pola súa vez, a abundancia de presas e a súa “calidade” poderían verse afectadas polo aumento na estratificación da columna de auga e a acidificación, respectivamente. Este efecto podería ser importante para unha especie, o polbo común, no que a alimentación na fase de vida peláxica é decisiva (Villanueva e Norman 2008). En calquera caso, estes efectos non están cuantificados, polo tanto, a súa fiabilidade é baixa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradécenlle a súa colaboración a todos os coautores participantes na elaboración dos capítulos 12 a 24 e na realización desta síntese. A versión final deste capítulo foi redactada por X.A. Álvarez-Salgado e A. Bode.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Salgado X. A., Labarta U., Fernández-Reiriz M. J., Figueiras F. G., Rosón G., Piedracoba S., Filgueira R. and Cabanas J. M. (2008). Renewal time and the impact of harmful algal blooms on the extensive mussel raft culture of the Iberian coastal upwelling system (SW Europe). *Harmful Algae*, **7**, 849-855.
- Arenas F., Viejo R. M. and Fernández C. (2002). Density-dependent regulation in an invasive seaweed: responses at plant and molecular levels. *Journal of Ecology*, **90**, 820-829.

- Bakun A. (1990) Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science*, **247**, 198-201
- Beare D., Burns F., Jones E., Peach K., Portilla E., Greig T., McKenzie E. and Reid D. (2004). An increase in the abundance of anchovies and sardines in the north-western North Sea since 1995. *Global Change Biology*, **10**, 1209-1213.
- Beaugrand G. (2003). Long-term changes in copepod abundance and diversity in the north-east Atlantic in relation to fluctuations in the hydroclimatic environment. *Fisheries Oceanography*, **12**, 270-283.
- Bryden H.L., Longworth H.R. and Cunningham S.A. (2005) Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation at 25° N. *Nature*, **438**, 655-657.
- Bøhle B. (1972). Effects of adaptation of reduced salinity on filtration activity and growth of mussels (*Mytilus edulis* L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **10**, 41-47.
- Caverivière A., Domain F. and Diallo A. (1999). Observations on the influence of temperature on the length of embryonic development in *Octopus vulgaris* (Senegal). *Aquatic Living Resources*, **12**, 151-154.
- Escribano R., Daneri G., Farías L., Gallardo V A, González H. E., Gutiérrez D., Lange, C. B., Morales C. E., Pizarro O., Ulloa O. and Braun, M. (2004). Biological and chemical consequences of the 1997-1998 El Niño in the Chilean coastal upwelling system: a synthesis. *Deep -Sea Research, Part II*, **51**, 2389-2411.
- Gazeau F., Quiblier C., Jansen J. M., Gatusso J. P., Middelburg, J. J. and Heip H. R. (2007). Impact of elevated CO₂ on shellfish calcification. *Geophysical Research Letters*, **34**, doi: 10.1029/2006GL028554.
- González-Pola C., Lavín A. and Vargas Yáñez M. (2005). Intense warming and salinity modification of intermediate water masses in the southeastern corner of the Bay of Biscay for the period 1992-2003. *Journal of Geophysical Research*, **110**(C05020), doi:10.1029/2004JC002367.
- 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.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. 996 pp.
- Lemos, R. T. and Sanso, B. (2006). Spatio-temporal variability of ocean temperature in the Portugal Current System. *Journal of Geophysical Research*, **111**, doi:10.1029/2005JC003051.
- Michaelidis B., Ouzounis C., Palaras A. and Pörtner H. O. (2005). Effects of long-term moderate hypercapnia on acid-base balance and growth rate in marine mussels *Mytilus galloprovincialis*. *Marine Ecology Progress Series*, **293**, 109-118.
- Pérez-Camacho A., Labarta U. and Beiras, R. (1995). Growth of mussels (*Mytilus edulis galloprovincialis*) on cultivation rafts: influence of seed source, cultivation site and phytoplankton availability. *Aquaculture*, **138**, 349-362.
- Platt T., Frank K. T. and Fuentes-Yaco C. (2003). Spring algal bloom and larval fish survival. *Nature* **423**(6938), 398-399.



- Porteiro C., Cabanas J. M., Carrera, P., Santos, M. B., Bernal M. and Pierce G. J. (2008), The effect of environmental changes in the NE Atlantic sardine (*Sardina pilchardus*) fishery. International Symposium on the Effects of Climate Change in the World's Oceans, ICES-PICES-GLOBEC, Gixón 19-23. Maio 2008, S4_2.
- Qiu J. W., Tremblay R. and Bourget E. (2002). Ontogenic changes in hyposaline tolerance in the mussels *Mytilus edulis* and *M. trossulus*: implications for distribution. *Marine Ecology Progress Series*, **228**, 143-152.
- Rahmstorf S. (2007). A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise. *Science*, **315**, 368- 370.
- Richardson A. J. and Schoeman, D. S. (2004). Climate impact on plankton ecosystems in the Northeast Atlantic. *Science*, **305**, 1609-1612.
- Valdés L., López-Urrutia A., Cabal J., Álvarez-Ossorio M., Bode A., Miranda A., Cabanas J. M., Huskin, I., Anadón R., Álvarez-Marqués F., Llope M. and Rodríguez N. (2007) A decade of sampling in the Bay of Biscay: What are the zooplankton time series telling us? *Progress in Oceanography*, **74**, 98-114.
- Villanueva R. and Norman M. D. (2008). Biology of the planktonic stages of benthic octopuses. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, **46**, 105-202.

| Variable | Actual | Proxección | Fiabilidade da proxección | Efectos xerais previsibles |
|----------------------------|--|---|---|--|
| Temperatura do mar | <ul style="list-style-type: none"> Global: incremento con aceleración nos últimos 50 anos. Galicia: leve diminución na superficie nas zonas máis influenciadas polo afloramento (Rías Baixas) e aumento no resto. Diminución no fondo. | <ul style="list-style-type: none"> Global: aumento na temperatura do aire na superficie (2-4,5 °C). Galicia: aumento na terra maior que no mar (neste caso 1-3 °C dependendo do escenario de emisións). Incremento na superficie, incerta no fondo. | <ul style="list-style-type: none"> Alta: todos os modelos predín un aumento global consistente Media: o aumento costeiro en Galicia dependerá da variación da intensidade do afloramento. | <p>Cambios na distribución especies (especies termófilas expandiranse cara ao norte e desaparecerán especies de augas frías).</p> <p>Redución da biodiversidade .</p> |
| Salinidade | <ul style="list-style-type: none"> Global: diminución debido ao desxeo. Galicia: lixeiro aumento na superficie nas Rías Baixas. | <ul style="list-style-type: none"> Global: diminución polo desxeo. Galicia: incremento, con aumento en verán e descenso en inverno (só tendo en conta a precipitación). | <ul style="list-style-type: none"> Media: a taxa de desxeo non é ben coñecida. Baixa: a extensión temporal da mostraxe non é suficientemente longa. Non hai datos de evaporación. Incerteza no desxeo. | <p>Mortalidade de especies sensibles (ex. moluscos intermareais).</p> <p>Cambios na estratificación poden reducir o suministro de nutrientes e a produtividade planctónica e aumentar a ocorrencia de floracións de plancto nocivo.</p> |
| Intensidade do afloramento | <ul style="list-style-type: none"> Global: ? Galicia: redución da intensidade e duración nas últimas décadas. Aumento de afloramentos no inverno. | <ul style="list-style-type: none"> Global: aumento do gradiente de temperatura entre mar e terra, o que podería inducir un aumento do afloramento. Galicia: ? | <ul style="list-style-type: none"> Baixa: a resolución dos modelos globais non permite resolver a zona de afloramento. Baixa: o afloramento depende de axustes na circulación global e efectos locais. A variabilidade interdecadal non se comprende ben. | <p>Os cambios nos ventos ao longo da costa teñen influencia non só na renovación nutrientes, senón tamén na retención, exportación de materia e organismos.</p> <p>Aumentos ou diminucións da intensidade dos ventos favorables ao afloramento e da súa estacionalidade poden ter efectos diversos (p. ex. na renovación de nutrientes e na produtividade, na retención de organismos costeiros e na exportación).</p> |
| Correntes | <ul style="list-style-type: none"> Global: posible diminución da circulación xeral. Galicia: intensificación polos ventos do sur e redución polo gradiente meridional (corrente ibérica cara ao Polo, CIP). | <ul style="list-style-type: none"> Global: exceso de auga de desxeo pode influír no retorno de augas subtropicais a gran escala. Galicia: ? | <ul style="list-style-type: none"> Baixa: a taxa de desxeo non é ben coñecida. Baixa: os efectos identificados son contrapostos. O efecto do vento e contrario no outono e no inverno. O efecto do gradiente meridional de temperatura é parcial. | <p>Cambios no mecanismo de compensación climática no Atlántico NE.</p> <p>Cambios no transporte cara ao N de especies planctónicas de orixe subtropical.</p> |

Táboa 1. Principais evidencias dos efectos e proxeccións dos impactos do cambio climático sobre as condicións oceanográficas cerca de Galicia obtidos a partir das predicións do IPCC (2007). Indícase unha estimación da fiabilidade das proxeccións.

Táboa 1 (continuación)

| Variable | Actual | Proxección | Fiabilidade da proxección | Efectos xerais previsibles |
|-----------------------|---|---|---|--|
| Circulación estuárica | <ul style="list-style-type: none"> ● Global: gran variabilidade rexional. ● Galicia: ralentización pola diminución do afloramento. | <ul style="list-style-type: none"> ● Global: gran variabilidade rexional ● Galicia: diminución xeneralizada en todas as rías. | <ul style="list-style-type: none"> ● Baixa: depende das precipitacións ● Media-baixa: depende do afloramento, pero os efectos son extrapolables a todas as rías. | <p>Aumento drástico dos tempos de renovación e das taxas de reciclaxe de nutrientes.</p> <p>Aumento dos días de peche da explotación de bateas.</p> |
| Precipitación | <ul style="list-style-type: none"> ● Global: gran variabilidade rexional. ● Galicia: non hai tendencia significativa a escala anual. Redución na primavera e incremento de eventos extremos no outono. | <ul style="list-style-type: none"> ● Global: gran variabilidade rexional. Diminución de depresións no Atlántico NE, pero aumento no número de tormentas fortes. ● Galicia: diminución, con aumento no inverno e diminución no verán. | <ul style="list-style-type: none"> ● Media: resultados consistentes nos modelos globais e proxeccións rexionais, pero alta variabilidade a escalas locais. ● Media. | <p>Alteración da fenoloxía.</p> <p>Efectos negativos das tormentas e rías (ex. mortalidade de moluscos intermareais).</p> |
| Nivel do mar | <ul style="list-style-type: none"> ● Global: incremento con aceleración nos últimos 50 anos. ● Galicia: mesma tendencia. | <ul style="list-style-type: none"> ● Global: aumento entre 19 e 60 cm entre 1990 e 2100. Variable espacialmente, pero o Atlántico NE é das zonas de aumento maior. Débese principalmente á expansión térmica das augas. ● Galicia: mesma tendencia. | <ul style="list-style-type: none"> ● Media-alta: a incerteza no desxeo ten impacto no valor máximo de aumento estimado. ● Media-alta: as series dispoñibles son moi consistentes. | <p>Cambios na erosión costeira</p> <p>Cambios na distribución especies submareais e intermareais.</p> <p>Efectos nos asentamentos urbanos e comunidades costeiras. Aumento da erosión e dos riscos litorais.</p> |
| Ondada | <ul style="list-style-type: none"> ● Global: incremento. ● Galicia: leve diminución non significativa. Sen cambios na frecuencia e intensidade dos extremos. | <ul style="list-style-type: none"> ● Global: redución do número de tormentas extratropicais, pero aumento da intensidade dos ventos. ● Galicia: aumento de eventos de ondata intensa polo incremento dos ventos no Atlántico. | <ul style="list-style-type: none"> ● Media: as variacións nas tormentas extratropicais son consistente nos modelos. ● Media-alta: as series dispoñibles son moi consistentes. | <p>Efectos nos asentamentos urbanos e nas comunidades costeiras.</p> |
| Acidez | <ul style="list-style-type: none"> ● Global: acidificación desde a era preindustrial (-0,1 unidades de pH). ● Galicia: acidificación nas augas costeiras e posible eutrofización nas rías (non avaliada). | <ul style="list-style-type: none"> ● Global: acidificación (redución do pH entre 0.14 e 0.35) debida ao aumento de CO₂ ● Galicia: ? | <ul style="list-style-type: none"> ● Baixa: o ciclo do carbono nos océanos non se comprende ben. ● Baixa: insuficientes datos nas rías. | <p>Efectos nos organismos calcarios (mexillón, crustáceos...).</p> |

| Variable | Evidencia actual | Fiabilidade da evidencia actual | Proxección | Fiabilidade da proxección |
|-------------|---|--|---|--|
| Fitoplancto | <ul style="list-style-type: none"> • Diminución das diatomeas e incremento dos dinoflaxelados (1958-2006). • Non se atoparon tendencias claras na biomasa nin na produtividade total. | <ul style="list-style-type: none"> • Alta-media (relacionada con variacións a longo prazo do clima e co afloramento a curto prazo). • Media (non se coñecen ben as variacións interdecadais). | <ul style="list-style-type: none"> • Cambios na composición de especies da comunidade. • Diminución da produtividade. | <ul style="list-style-type: none"> • Media (a influencia das variacións do clima e afloramento a distintas escalas temporais non se comprende ben). • Baixa (depende do efecto conxunto do aumento da estratificación e diminución do afloramento). |
| Zooplancto | <ul style="list-style-type: none"> • Diminución da biomasa e dos copépodos no océano e incremento na costa (1958-2006). • Incremento de especies de augas cálidas. | <ul style="list-style-type: none"> • Alta-media (diferenzas notables nas distintas series; grandes efectos locais). • Alta-media (incremento continuado pero gran variabilidade local). | <ul style="list-style-type: none"> • Cambios na composición de especies da comunidade. • Aumento da biomasa na costa. | <ul style="list-style-type: none"> • Media (a influencia das variacións do clima e afloramento a distintas escalas temporais non se comprende ben). • Baixa (depende do efecto conxunto do aumento da estratificación e diminución do afloramento). |
| Peixes | <ul style="list-style-type: none"> • Incremento na presenza de peixes mariños de carácter tropical (1996-2007). • Diminución das especies de augas frías. • Cambios nas pesqueiras litorais. | <ul style="list-style-type: none"> • Alta (o queantamento das augas en Galicia e apreciable). • Media (explícase pola diminución do afloramento). • Media (efecto sinéxico da sobrepesca sobre o cambio climático). | <ul style="list-style-type: none"> • Maior incremento de peixes tropicais. • Diminución de peixes boreais. • Aumento das especies de peixes pequenos e de crecemento rápido e diminución das especies de peixes grandes e de crecemento lento. | <ul style="list-style-type: none"> • Alta (a predición do queantamento e consistente). • Media-baixa (non se coñece ben a resposta do afloramento). • Media-baixa (non se coñecen ben as interaccións entre pesqueiras e clima, nin as posibles substitucións de especies). |
| Marisqueo | <ul style="list-style-type: none"> • Mortalidade de moluscos intermareais por efecto das riadas (1960-2007). • Incremento do percebe (morfoloxía alongado de menor valor comercial). | <ul style="list-style-type: none"> • Media (variabilidade segundo a especie; series curtas de datos). • Media-alta (relacionada co queantamento e estratificación das augas e a diminución do afloramento). | <ul style="list-style-type: none"> • Incremento da mortalidade de moluscos por riadas. • Incremento do percebe de baixa calidade. | <ul style="list-style-type: none"> • Baixa (non se coñecen ben os efectos doutros factores: hidrodinamismo, parasitos e/ou depredadores, cambios no hábitat...) • Media-baixa (depende da redución efectiva nos ventos favorables ao afloramento). |

Táboa 2. Principais evidencias dos efectos e proxeccións do cambio climático sobre os recursos vivos mariños no mar próximo a Galicia obtidos a partir das predicións do IPCC (2007). Indícase unha estimación da fiabilidade atribuída tanto ás evidencias como ás proxeccións.

Táboa 2 (continuación)

| Variable | Evidencia actual | Fiabilidade da evidencia actual | Proxección | Fiabilidade da proxección |
|----------|---|---|--|--|
| Mexillón | <ul style="list-style-type: none"> • Diminución do crecemento individual (1966-2006). • Diminución do período de explotación (1966-2006). | <ul style="list-style-type: none"> • Alta (relacionada coa diminución do afloramento). • Alta (peche das extraccións debido ao incremento de floración de algas nocivas). | <ul style="list-style-type: none"> • Diminución do crecemento individual (-50% no período 2070-2100) e do índice de condición (-10%). • Diminución do período de explotación (ata -70 días). • Diminución da calcificación da cuncha, fecundidade e crecemento das larvas e adultos. • Aumento da mortalidade larvaria nas ríadas. | <ul style="list-style-type: none"> • Media-baixa (depende da redución efectiva nos ventos favorables ao afloramento). • Media-baixa (depende da redución efectiva nos ventos favorables ao afloramento). • Baixa (non se coñecen ben as respostas fisiolóxicas ao incremento da acidez das augas). • Baixa (depende da predición de ríadas na época de reprodución). |
| Sardiña | <ul style="list-style-type: none"> • Diminución das poboacións a longo prazo (1947-2007) e amplas oscilacións decadais. | <ul style="list-style-type: none"> • Media-alta (tendencia consistente co quentamento das augas e diminución do afloramento). | <ul style="list-style-type: none"> • Diminución en Galicia e desprazamento das poboacións cara ao norte. | <ul style="list-style-type: none"> • Media-baixa (depende do afloramento e quentamento das augas pero tamén da dispoñibilidade de zooplanccto). |
| Polbo | <ul style="list-style-type: none"> • Diminución da poboación (1994-2007). | <ul style="list-style-type: none"> • Alta (tendencia consistente coa diminución do afloramento). | <ul style="list-style-type: none"> • Diminución da poboación. | <ul style="list-style-type: none"> • Media-baixa (depende da redución efectiva nos ventos favorables ao afloramento). |

