

RELACIÓNS ENTRE A ECONOMÍA, A CO-ADAPTABILIDADE E A RESILIENCIA DOS ECOSISTEMAS MARIÑOS

SEBASTIÁN VILLASANTE LARRAMENDI
Universidade de Santiago de Compostela

Recibido: 17 de novembro de 2009

Aceptado: 26 de xullo de 2010

Resumo: A alteración humana dos ecosistemas mariños é importante, e continúa crescendo como resultado das diferentes ameazas antropoxénicas. Fronte a esta problemática, o termo “resiliencia” examina a capacidade dos sistemas socioecolóxicos para superar un estrés e recuperarse ou, mesmo, para endoxeneizar os cambios e transcendelos. Este traballo constitúe un avance teórico que examina a magnitude e as características da resiliencia como capacidade para absorber os cambios que sofren os ecosistemas mariños. Igualmente, explóranse as relacións entre a capacidade adaptativa dos ecosistemas ante as modificacións do coñecemento local dos usuarios sobre os recursos mariños, así como os atributos dunha gobernanza sostible, e as interaccións entre os usuarios e as institucións formais e non formais. Por último, preséntase unha discusión e unha reflexión sobre o principio de precaución como o paradigma universalmente válido para a nova xestión dos recursos mariños.

Palabras clave: Resiliencia / Capacidade adaptativa / Ecosistemas mariños.

RELATIONS BETWEEN THE ECONOMY, CO-ADAPTABILITY AND RESILIENCE OF MARINE ECOSYSTEMS

Abstract: Human alteration of marine ecosystems is important and continues to grow as a result of various anthropogenic threats. Trying to understand this problem, the concept of resilience examines the capacity of social-ecological systems to overcome a stress and recover, or even endogenize changes. This paper discusses a theoretical advance that examines the extent and characteristics of resilience and capacity to absorb the changes suffered by marine ecosystems. It also explores the relationship between the adaptive capacity of ecosystems to changes in the users' local knowledge on marine resources and the attributes of sustainable governance, and the interactions between users and non-formal and informal institutions. Finally, the paper presents a discussion and reflection on the precautionary principle as universally valid paradigm for the new fisheries management consensus of fishery resources.

Keywords: Resilience / Adaptive capacity / Marine ecosystems.

1. INTRODUCCIÓN

A alteración humana dos ecosistemas mariños é importante, e continúa crescendo como resultado das ameazas antropoxénicas ás que se atopan sometidos. A concentración poboacional nas zonas costeiras, a sobreexplotación dos recursos mariños, o cambio climático, a perda de biodiversidade biolóxica, a eutrofización, os danos aos hábitats naturais, a contaminación por residuos e por mareas negras, as probas nucleares ou o tráfico marítimo, entre outros, actúan de maneira acumulativa e a miúdo con efectos difusos (Vitousek *et al.*, 1997).

Todo isto está orixinando unha acelerada perda de poboacións e da biodiversidade de especies de consecuencias descoñecidas –pero aínda reversibles–, un aumento das ratios de declive e de colapso, e un descenso exponencial do potencial de recuperación, da estabilidade e da calidade da auga (Worm *et al.*, 2006).

A resposta dos ecosistemas ás perturbacións provocadas polos seres humanos difire nas escalas temporal, xeográfica e espacial, onde o tipo e a intensidade no uso dos recursos tamén son diferentes. Nalgúns sociedades nas que se practica o uso sostible dos recursos tivo lugar unha adaptación co-evolucionaria entre os sistemas ecolóxicos e sociais, que permitiu a permanencia e continuidade máis ou menos estable dos ecosistemas (Berkes e Folke, 2002).

A avaliación dos sistemas complexos como o medio mariño está considerada como unha fronteira interdisciplinar de investigación, de maneira que no estudo da sostibilidade e da dinámica dos ecosistemas mariños se están empregando novos conceptos e ferramentas. Entre tanto, a filosofía emerxente que recoñece a posibilidade de reducir o grao de incerteza require de coñecementos adaptativos e dunha continua aprendizaxe para responder aos cambios que experimentan os ecosistemas (Walker *et al.*, 2004).

Isto está en estreita relación coa dependencia do coñecemento ecolóxico local (*local ecological knowledge*) e social do medio, e coa existencia de institucións e organización flexibles e adaptativas (Ostrom, 1999). A idea de empregar o coñecemento ecolóxico e social dos usuarios do recurso para mellorar os mecanismos de gobernanza foi proposta recentemente como unha potencial e eficaz ferramenta de xestión, atopándose actualmente ben documentada e establecida. O coñecemento tradicional do medio constitúe un atributo das sociedades cunha extensa continuidade histórica na práctica do uso dos recursos. Esta idea combina o coñecemento dinámico dos usuarios locais cunha xestión colaboradora dos recursos mariños (Holling, 1978). Por outra parte, e en estreita conexión co xa exposto, un dos erros habituais no estudo dos cambios dos ecosistemas mariños está asociado a que se adoitan examinar como se se tratase de transformacións de tipo lineal, predicibles e controlables; porén, ambos os dous sistemas –os naturais e os sociais– caracterízanse por actuar de forma non lineal, con múltiples solucións e cunha limitada preditibilidade (Folke *et al.*, 2004).

Ata o momento a comunidade científica non explorou todos estes aspectos de maneira detallada, polo que neste traballo nos propoñemos abordalos todos teoricamente e ver como se relacionan coa explotación do medio mariño. Comezamos examinando unha das cuestións menos investigadas: a magnitude e as características da resiliencia como capacidade para absorber os cambios que sofren os ecosistemas mariños, identificándose en particular os efectos do cambio climático sobre o medio e sobre as poboacións de peixes. Deseguido, estudamos as relacións entre os sistemas socioecolóxicos e os ecosistemas mariños, explicando as implicacións dun adecuado marco de gobernanza; exploramos as relacións entre a capacidade adaptativa dos ecosistemas ante as modificacións do coñecemento local dos usuarios sobre os recursos mariños, así como os atributos dunha gobernanza sostible, e as interaccións entre os usuarios e as institucións formais e informais. A continuación, presentamos o principio de precaución como o paradigma universalmente válido para a nova xestión dos recursos mariños, formulando os pro-

blemas detectados ata o momento. Deseguido, analizamos as vinculacións intrínsecas entre a resiliencia e os bens e servizos que lles proporcionan os ecosistemas mariños aos seres humanos. E para finalizar, presentamos as principais conclusións.

2. XESTIÓN DOS SISTEMAS SOCIOECOLÓXICOS

En termos xerais, a resiliencia dun ecosistema con respecto ás condicións ambientais depende da capacidade das especies para soportar cambios das funcións claves tan axiña como se alteren as condicións ambientais (Dasgupta, 2001). Daquela, a resiliencia é a capacidade do sistema para superar un estrés e recuperarse ou, mesmo, endoxeneizar os cambios e transcendelos (Holling, 1973). Así, os efectos non serán tan negativos sobre unha especie, sempre e cando exista outra especie similar que cumpra as mesmas funcións ecolóxicas no ecosistema; se non existiran substitutos, o colapso dalgunhas especies resultaría determinante no propio funcionamento do ecosistema (Folke *et al.*, 2002).

A capacidade dos ecosistemas de rexenerarse logo dun acontecemento perturbador dependerá das características da resiliencia que opera a distintas escalas. Unha vez que esa nova configuración emerge, a restauración pode ser moi custosa ou irreversible, e existen numerosos casos de profundos cambios que ocorreron nos ecosistemas mariños (Hilborn *et al.*, 2003), cunha elevada vulnerabilidade á extinción de especies (Cheung *et al.*, 2007) e con severos impactos sobre os fluxos de bens e servizos que estes xeran (Worm *et al.*, 2006). O recente e inesperado crecemento na frecuencia, intensidade e duración da aparición de algas nas zonas costeiras parece suxerir unha robusta correlación con cambios drásticos na temperatura e na salinidade da auga (Vitousek *et al.*, 1997).

Por outra parte, o medio mariño presenta un elevado grao de complexidade, numerosos hábitats e un alto grao de biodiversidade (Borja *et al.*, 2008). As interaccións entre as especies nunha rede trófica son complexas e non lineais (Folke *et al.*, 2007). Os ecosistemas mariños conteñen estruturas múltiples baseadas nunha autoorganización espacial e temporal e, dado que estes ecosistemas revisten características evolutivas máis que mecanicistas, adoitan exhibir un baixo grao de preditibilidade (Costanza *et al.*, 1999).

Neste escenario xurdiron nos últimos anos novos enfoques sobre o papel da resiliencia, da co-adaptabilidade e da sostibilidade dos ecosistemas mariños, evidenciando unha intrínseca conexión entre cada un destes compoñentes. A resiliencia adoita asociarse coa magnitude do *shock* que o sistema pode absorber, e permanece nun estado estable co grao de autoorganización do ecosistema e coa súa capacidade de aprendizaxe e de adaptación aos cambios (Folke *et al.*, 2002). Holling (1986) describiu o comportamento dun ecosistema como unha secuencia dinámica na que interactúan catro funcións básicas: explotación, conservación, remisión e reorganización.

A estabilidade e a produtividade dun ecosistema vén determinada pola primeira destas funcións. Así, mentres que a resiliencia, como xa dixemos, é a capacidade do sistema para superar un estrés e recuperarse, a estabilidade atende a canto de resistente é un ecosistema ás perturbacións ou a calquera outra reorganización fundamental. Pola contra, a perturbación natural forma parte da evolución e do desenvolvemento dos ecosistemas, e parecen ser cruciais para asegurar a súa resiliencia e integridade (Folke *et al.*, 1996). Isto ten enormes implicacións na gobernanza dos ecosistemas mariños, xa que a intervención humana dependerá das diferentes escalas temporais e xeográficas.

Habitualmente, a saúde dos ecosistemas mídese pola variación na abundancia dun número reducido de especies. A debilidade deste tipo de mecanismos que actúan sobre o comportamento das especies radica en que só se coñecen parcialmente as variacións das poboacións comerciais, sen entrar na complexa –pero indispensable– análise dos efectos da redución da abundancia desas especies sobre o resto dos ecosistemas (Hughes *et al.*, 2005).

3. OS ECOSISTEMAS MARIÑOS COMO SISTEMAS SOCIOECOLÓXICOS

Non existe unha visión universalmente válida e aceptada para abordar as relacións entre os sistemas sociais e os ecolóxicos (Berkes e Folke 1998). Con todo, o tradicional modelo conceptual –que só busca a optimización dos recursos mariños baixo a suposición de que os ecosistemas se atopan nun estado máis ou menos estable– está sendo fortemente criticado e posto en dúbida practicamente de forma unánime (Hughes *et al.*, 2005). Estas críticas parten da formulación de novos paradigmas a favor de prácticas de xestión que recoñecen os vínculos entre os aspectos sociais e ecolóxicos dos ecosistemas, e que se caracterizan por un enfoque multinivel, con múltiples solucións e capaces de considerar a inherente incerteza na xestión.

As ciencias sociais con frecuencia estiveron relacionadas coa xestión comunitaria dos recursos mariños, incorporando cuestións particularmente relevantes, como os dereitos de propiedade, e ofrecendo leccións de éxito a múltiples escalas e niveis (Hilborn *et al.*, 2005). Así e todo, o crecente recoñecemento de que os seres humanos somos unha parte dos ecosistemas dinámicos comezou a emerxer como unha nova fusión entre a ecoloxía mariña, a bioloxía pesqueira e a economía (Hilborn *et al.*, 2003).

É así como a ciencia pesqueira está evolucionando desde unha visión de optimización do máximo rendemento sostible –que pregoa o estudo individual das poboacións de peixes– a unha perspectiva multiespecífica baseada no principio de precaución e no enfoque por ecosistemas, que considera o impacto da actividade humana non só nas especies explotadas, senón tamén naquelas que son afectadas de maneira indirecta a través dos *by-catches* (Davies *et al.*, 2009), da pesca ilegal

(Agnew *et al.*, 2009) ou doutras prácticas negativas para o medio mariño. Unha inadecuada visión e, polo tanto, implementación dun sistema de xestión dos ecosistemas mariños pode destruír ou manter a súa resiliencia dependendo de como os sistemas socioecolóxicos se autoorganizan en resposta ás accións dos seres humanos. As consecuencias dos fracasos na xestión tradicional das pesqueiras non só se circunscriben ás especies comerciais, posto que máis dun terzo das capturas mundiais corresponden a descartes (Kelleher, 2005).

Por outra parte, o uso de artes non selectivas como factor que orixina a deterioración física dos hábitats está ben documentado nos últimos anos, coma no caso dos arrecifes de coral. Ademais, tamén se estudaron as complexas estruturas dos ecosistemas e a súa relación coa abundancia das pesqueiras, suxerindo unha forte vinculación entrambos os dous. Os sistemas socioecolóxicos están en constante transformación, sufrindo desde pequenas modificacións ata drásticos cambios; isto é, a perturbación natural forma parte da evolución e do desenvolvemento dos ecosistemas mariños, e parecen ser cruciais para asegurar a súa resiliencia e integridade (Folke *et al.*, 1996). A miúdo estes cambios son coñecidos, e sábese que poden ser custosos e que moitas veces son procesos imposibles de reverter.

4. CO-ADAPTABILIDADE, COÑECEMENTO LOCAL E INSTITUCIÓNS DE GOBERNANZA

4.1. CAPACIDADE ADAPTATIVA

A capacidade adaptativa está relacionada coa diversidade biolóxica e xenética e coa heteroxeneidade dos ecosistemas. A existencia de institucións e de redes de coñecemento social a nivel local que interactúen entre si melloraría os mecanismos de xestión dos ecosistemas mariños (Berkas e Folke, 2002). A clave para alcanzar unha gobernanza sostible dos océanos radica na adopción dun enfoque integrado baseado no paradigma da capacidade adaptativa, onde o proceso de toma de decisións sexa un experimento de coñecemento da incerteza máis que unha resposta estática (Costanza *et al.*, 1999).

Á vez, a co-xestión pesqueira viuse como unha potencial solución para evitar a sobreexplotación, recuperar os ecosistemas mariños (Castilla e Defeo, 2005) e beneficiarse dos servizos ambientais que provén os ecosistemas (Berkas e Folke, 2002). En efecto, unha combinación adaptativa, colaboradora e cooperativa que interactúe de maneira conxunta perfeccionaría substancialmente a operatividade e a efectividade da xestión (Dietz *et al.*, 2003). Isto relaciónase coas características do actual mercado global que se basea na extracción de capital natural –no noso caso, de stock de peixes– dos ecosistemas de por si xa degradados e que ás veces queda oculto polo incremento dos beneficios económicos que se obteñen destes recursos. Ademais, o incremento da capacidade tecnolóxica das frota de pesca e a súa maior capacidade operativa non fan máis que agravar este proceso de maximización de

beneficios (Cheung e Sumaila, 2008). Así por exemplo, para o caso da pesca industrial, sábese que a eficiencia tecnolóxica crece a un ritmo anual acumulativo do $\pm 4,4\%$ (Villasante e Sumaila, 2010), e que para o caso da frota pesqueira da Unión Europea a eficiencia tecnolóxica sempre creceu cunha maior rapidez que a evolución da redución real da frota.

Isto posúe enormes implicacións na gobernanza dos ecosistemas mariños, xa que a intervención humana dependerá das diferentes escalas temporais e xeográficas, sendo particularmente relevante o papel que desempeña o actual mercado global non cooperativo. A capacidade adaptativa diseña as políticas de xestión como unha serie de experimentos designados para revelar diferentes procesos que constrúen ou manteñen a resiliencia. En consecuencia, require un proceso de toma de decisións flexible no marco dun sistema de gobernanza multinivel aberto que involucre a todos os axentes (Folke *et al.*, 2002).

A recuperación dos ecosistemas mariños e a redución do esforzo pesqueiro dependerán de maneira crucial dos mecanismos de gobernanza que unan nunha soa estrutura os compoñentes de mercado e da conservación de capital natural. Desafortunadamente, as respostas humanas á sobreexplotación dos recursos mariños en termos de adopción de accións de xestión tenden a ser “maladaptativas”, malia o feito de que a co-xestión pode aliviar algúns dos problemas relacionados con esta problemática. É así como, na busca de estruturas de gobernanza que xestionen de maneira adecuada os recursos naturais, a xestión co-adaptativa adoita ser considerada como unha das potenciais solucións (Folke *et al.*, 2004).

A característica dinámica do *learning-by-doing* que supoña unha resposta activa debería garantir *a priori* a equidade no proceso de toma de decisións, o que fortalece a colaboración e a combinación de diferentes coñecementos locais. Desta maneira, o desenvolvemento e a avaliación de políticas activamente adaptativas require seis pasos básicos (Hilborn e Walters, 1992):

- a) Identificar hipóteses alternativas á resposta do stock de pesca. É especialmente relevante recoñecer de forma simple e precisa as incertezas na forma de distintas suposicións sobre como respondería o stock a diferentes opcións.
- b) Avaliar se son necesarios pasos adicionais estimando o valor esperado da información que se considera en óptimas condicións. A idea que latexa é identificar a acción máis apropiada que se debe adoptar no caso de que non existise aprendizaxe.
- c) Desenvolver modelos de aprendizaxe futuros sobre todas as hipóteses posibles. O seu obxecto é predicir canto tempo se empregará en informar de cal sería a opción máis correcta –se existe– dos diferentes modelos alternativos que se examinaron.
- d) Identificar opcións de políticas adaptativas. Descoñecemos de forma automática cal sería a mellor política se non se abordan accións experimentais, tales como indagar se pagaría a pena ou non elevar o esforzo pesqueiro a un nivel extremo

por un curto período de tempo, de maneira que se puidera observar como respondería o stock.

- e) Desenvolver criterios para a análise comparativa das diversas hipóteses, avaliando o impacto negativo ou non das posibles accións consideradas.
- f) Realizar comparacións formais empregando ferramentas estatísticas e tendo en conta os resultados das análises anteriormente efectuadas.

Por outra parte, a gobernanza inclúe diferentes regulacións –locais, rexionais, nacionais e internacionais–, así como debates, negociacións, eleccións, resolución de conflitos, protestas e outras decisións que, en definitiva, determinan o proceso de toma de decisións. Nas ciencias sociais, a existencia de institucións que sexan capaces de aprehender a experiencia e o coñecemento local creando mecanismos flexibles de xestión, e que sexan quen de balancear os diferentes intereses dos grupos sociais que as integran, desempeñan un papel fundamental (Berkés e Folke, 2002).

4.2. ATRIBUTOS DA GOBERNANZA

A gobernanza dos ecosistemas mariños supón considerar unha serie de atributos que aseguren a sostibilidade no longo prazo.

A *participación* dos axentes adoita variar en función das diferentes fases de participación e dos distintos niveis de actuación –comunicación, debate, mediación, etc.–.

As institucións *policéntricas* conteñen por definición múltiples autoridades e centros, tendo a vantaxe de que ofrecen novas oportunidades de entendemento que potencialmente permiten novas respostas en contextos heteroxéneos. Este tipo de institucións son, á súa vez, tipicamente *multipropósito*, creando oportunidades non só para incorporar todos os posibles acordos institucionais, senón tamén para reducir os potenciais conflitos (Berkés e Folke, 2002).

Polo que respecta á *representatividade*, esta fai referencia a se as autoridades locais e rexionais proporcionan información adecuada e se explican de maneira coherente os mecanismos de xestión cando os resultados non son satisfactorios ou non son os esperados. Factores como a transparencia, o monitoreo independente, a participación de todos os axentes e o control orzamentario só son algúns dos condicionantes que afectarán en última instancia á representatividade.

A *xustiza social* é o punto central dunha boa gobernanza, xa que unha inxusta distribución dos beneficios e dos riscos involuntarios dos cambios ambientais require usualmente de esforzos proactivos para reducir as desigualdades. As inxustizas dun sistema non equitativo acaban por incrementar as desigualdades e, en último termo, a calidade de vida dos usuarios dos recursos mariños.

Lebel *et al.* (2006) proporcionan un detallado exame empírico de cada un destes atributos na xestión dos recursos naturais. Todos estes atributos achegarán unha

maior flexibilidade e farán que o sistema de gobernanza sexa moito máis operativo, facilitando a súa capacidade de autoorganización, adaptación e aprendizaxe. A destreza para desenvolver estas habilidades significa que o sistema de gobernanza alcanzará unha serie de obxectivos concretos e que será quen de redefinilos cando as circunstancias se modifiquen. Esta apertura á aprendizaxe implica aceptar a irreversibilidade do cambio e a habilidade para desenvolver novos coñecementos sobre os recursos mariños, o que sen dúbida mellorará a relación entre as regras de xestión entre os usuarios e os xestores pesqueiros (Holling, 1986; Walters, 1986).

5. ALTERANDO A RESILIENCIA DOS SISTEMAS SOCIOECOLÓXICOS: OS EFECTOS DO CAMBIO CLIMÁTICO

5.1. OS ECOSISTEMAS MARIÑOS COMO REGULADORES DAS FUNCIÓNS BIOXEOQUÍMICAS

Os océanos cobren preto do 71% da superficie da Terra, desde os trópicos ata as rexións polares; contan cunha profundidade media de 4.000 m; comprenden máis de 14 billóns de km³; son unha masiva reserva de carbono inorgánico para todo o planeta. Os océanos e a atmosfera actúan como un sistema conxunto e estreitamente relacionado, xa que aqueles absorben dióxido de carbono da atmosfera, estimándose que preto da metade do dióxido de carbono (CO₂) producido polas sociedades nos últimos douscentos cincuenta anos foi captado polos océanos (Royal Society, 2005). Ademais, os cambios na temperatura dos océanos tamén provocan modificacións na forza dos ventos, o que en última instancia altera a circulación oceánica dos mares.

5.2. EFECTOS DO CAMBIO CLIMÁTICO

O cambio climático constitúe un factor relevante na determinación pasada e futura da distribución da biodiversidade mariña. Nos mares, os patróns de distribución e riqueza mariña están fortemente influenciados por factores ambientais (Agnew *et al.*, 2005).

Nos últimos anos tivo lugar unha auténtica explosión de estudos empíricos relacionados co cambio climático nas pesqueiras. Os progresos alcanzados parecen suxerir que se están producindo alteracións nas pesqueiras comerciais en xeral (Wang *et al.*, 2009), nas do Atlántico nordeste (Hannesson, 2007) e nas augas de Noruega (Stenevik e Sundby, 2007); así como cambios nas comunidades bióticas, na fisioloxía e na produtividade das especies (Perry *et al.*, 2005), nas comunidades de microorganismos e de invertebrados bentónicos, e na distribución de numerosas especies de peixes, como o atún tropical (Lehodey *et al.* 2003). A táboa 1 mostra a revisión da literatura que recolle os principais estudos vinculados co cambio climático e coa pesca. Sábese que cando os ecosistemas mariños están sendo explotados de

maneira intensa presentan unha maior vulnerabilidade aos efectos do cambio climático (Perry *et al.*, 2005), pero este tamén inflúe, xa que incrementa as enfermidades nas comunidades bióticas e afecta ás estruturas das redes tróficas (Winder e Schindler, 2004).

Táboa 1.- Revisión da literatura sobre as análises cuantitativas dos efectos do cambio climático sobre a distribución e a abundancia da riqueza mariña

ÁREA DE ESTUDIO	PERÍODO DE TEMPO	ESPECIES EXAMINADAS	SUMARIO DE RESULTADOS	FONTES
Global	Futuros escenarios	Bonito (<i>Katsuwonus pelamos</i>)	O incremento da concentración de CO ₂ modificou significativamente o seu hábitat no Pacífico, cunha extensión en hábitats favorables a través do trópico	Loukos <i>et al.</i> (2003)
Global	Indeterminado	Tipoloxía de impactos sobre os ecosistemas mariños	O cambio climático afecta ás poboacións de peixes de distintas maneiras, e opera cunha gran variedade de escalas temporais e espaciais (desde niveis tróficos inferiores ata predadores de niveis superiores)	Brander(2006)
Atlántico nordeste	1945-1995	Bacallau, xarda, arenque, bocartes e sardiñas	Espérase que o cambio climático afecte á localización e á produtividade dos stocks	Hannesson <i>et al.</i> (2007)
Augas de Noruega	1900-2000	Stocks comerciais	Os ecosistemas mariños responden de distinta forma aos efectos do cambio climático (no mar do Norte algunhas poboacións reduciranse e outras aumentarán)	Setenevik e Sundby (2007)
Atlántico norte e plataformas continentais europeas	1960-1999	Copépedos calanoides	A riqueza de especies do sur e pseudoocéánicas aumentou en 10° de latitude; a riqueza das especies de augas frías do subártico e do ártico decreceu no norte	Beaugrand <i>et al.</i> (2002)
Mar do Norte	1925-2004	> 300 poboacións	Especies con afinidades bioxeográficas do sur aumentaron a súa abundancia nos anos noventa	Beare <i>et al.</i> (2003)
	1977-2001	36 especies demersais	A distribución de 15 de 66 especies cambiou en relación co clima, e 13 delas alterárona cara ao norte. Os límites de distribución de 10 especies modificáronse co cambio climático	Perry <i>et al.</i> (2005)
	1977-2003	118 peixes, 6 de grupos multiespecíficos	Incremento da riqueza da fauna mariña relacionada con patróns bioxeográficos e co cambio climático	Hiddink e Hofstede (2008)
	1977-2002	Bacallau (<i>Gadus morhua</i>)	Descenso do óptimo espacial do hábitat da especie	Blanchard <i>et al.</i> (2005)
	Escenarios futuros (2000-2050)	Bacallau (<i>Gadus morhua</i>)	O cambio climático incrementará o declive de bacallau no mar do Norte	Clark <i>et al.</i> (2003)
Costa de Noruega e illa de Svalbard	1977, 1994 e 2002	Mexillón (<i>Mytilus edulis</i>)	Expansión do rango de distribución desde Noruega ata a illa de Svalbard, cun rango estendido cara ao norte de 1000 km cara á illa Bear, e logo a Isfjorden e á illa de Svalbard	Welaswsky <i>et al.</i> 1997; Berge <i>et al.</i> (2005)
Gran Bretaña e Irlanda, zona intermareal	1950, 1980 e 2002-2004	33 especies de flora e fauna intermareal	Extensión do rango de distribución cara ao norte e ao nordeste de especies do sur e incluídas a <i>Osilinus lineatus</i> e a <i>Gibbula umbilicalis</i>	Mieszkowska <i>et al.</i> (2006, 2007)
Irlanda, zona intermareal	1950-2003	27 especies de rocha na zona intermareal	Unha especie do norte e especies introducidas aumentaron a súa abundancia, 5 do norte, 1 do sur e outras 4 reduciron a súa abundancia	Simkanin <i>et al.</i> (2005)
Canles Inglesa e de Bristol	1913-2002	72 especies spp. e 81 das dúas canles	O cambio climático tivo un forte impacto na composición da comunidade	Genner <i>et al.</i> (2004)
Oeste da canle Inglesa	1920-1980	Zooplanto e invertebrados da zona intermareal	Incremento da abundancia e extensión do rango distribucional de especies temperadas durante o período de <i>warming</i> , e viceversa para especies de augas frías. Obsérvase o contrario no período de <i>cooling</i> . Cambios latitudinais de 193 km en setenta anos (=28 km por década). Incremento da temperatura media en 2°C en cincuenta anos. Extrapoláronse futuros cambios para obter valores de entre 60 e 130 km por década	Southward <i>et al.</i> (1995)
Portugal, zona intermareal	1950, e 2003-2005	Intermareal gasterópodo (<i>Patella rustica</i>)	Cambios na distribución histórica da costa portuguesa	Lima <i>et al.</i> (2006)

Táboa 1 (continuación).- Revisión da literatura sobre as análises cuantitativas dos efectos do cambio climático sobre a distribución e a abundancia da riqueza mariña

AREA DE ESTUDIO	PERIODO DE TEMPO	ESPECIES EXAMINADAS	SUMARIO DE RESULTADOS	FONTES
Mar de Wadden	1984-2006	Mesozooplanto	Extensión da temporada de pesca de copépodos e maior abundancia	Martens e Beu-sekom (2008)
Atlántico noroeste	1967-1990	36 especies de peixes e cefalópodos	Cambios na latitude media de ocorrencia en 12 de 36 especies, explicados en gran medida polas variacións na temperatura da auga	Murawski (1993)
Atlántico nordeste (Newfoundland)	1505-2004	Bacallau (<i>Gadus morhua</i>)	O clima afecta á produtividade da poboación	Rose (2004)
Plataforma continental do nordeste de EE.UU.	1963 escenarios futuros	Bacallau (<i>Gadus morhua</i>)	A distribución do bacallau está fortemente influenciada pola temperatura. O cambio climático orixina a perda de hábitat, sobre todo na zona sur, e reduce a supervivencia durante as etapas temperás de vida	Fogarty <i>et al.</i> (2008)
Plataforma continental do mar de Bering	1982-2006	46 peixes e invertebrados	Cambios na distribución das comunidades cara ao norte. A invasión da fauna subantártica incrementou a biomasa, a riqueza de especies e o nivel trófico medio. O centro de distribución de 40 taxa modificouse en 34 km de media	Mueter e Lit-zow(2008)
Pacific Grove, California	1931-1933 e 1993-1996	62 especies de macro-invertebrados de rocha	10 de 11 taxa spp. do sur incrementaron a súa abundancia, en 5 de 7 spp. diminuíu, e as taxas cosmopolitas mostraron unha débil tendencia cara ao descenso (12 spp. aumentaron e 16 spp. decreceron)	Sagarin <i>et al.</i> (1999)
Baía de Monterey, California	1930-1990	>130 especies	Incremento da abundancia de gasterópodos sureños e moluscos	Barry <i>et al.</i> (1995)
Zona rochosa intermareal, California	Finais dos anos setenta, 1980-2000	Gasterópodo (<i>Kelletia kelletii</i>)	Cambio cara ao norte do límite norte de distribución	Zacherl <i>et al.</i> (2003)
	1921-1931 e 1983-1993	45 especies de invertebrados	A abundancia de 8 de 9 especies do sur aumentou e a de 5 de 8 de especies do norte diminuíu; non se aprecia unha tendencia clara para as especies cosmopolitas	Barry <i>et al.</i> (1995)
Zona rochosa intermareal, Chile	Entre 1962 e 1998-2000	10 especies zona intermareal	8 de 10 especies non presentan síntomas de expansión da distribución do límite sur; de media, as especies mostran pequenas e non significantes contraccións, con baixas ratios de cambio por década (0,18 latitude)	Rivadeneira e Fernández (2005)
Galicia	1900-2005	Augas adxacentes	Aumento da temperatura superficial do aire sobre o mar e do mar a unha taxa de case unha décima de grao por década. A variabilidade da temperatura está correlacionada coa variabilidade na forza atmosférica	Villareal <i>et al.</i> (2009)
	1965-2005	Dinámica das rías de Galicia	Evidencias de cambio nas características das masas de auga superficiais a unha taxa media de 0,17°C por década, moi intenso desde hai trinta anos (0,27°C por década). Nas augas superficiais a tendencia é inversa	Rosón <i>et al.</i> (2009)
	1965-2005	Fitoplancto e zooplancto mariño	Significativa diminución das diatomeas, especialmente na zona oceánica. Indicios dun incremento non significativo dos dinoflaxelados. Os resultados indican que os efectos dos cambios climáticos sobre o fitoplancto se poden manifestar con varios anos de atraso. En relación co zooplancto, a abundancia e a biomasa aumentaron desde os anos noventa, sendo significativos na serie de Vigo, pero non na da Coruña	Varela <i>et al.</i> (2009)
	1957-2007	Cultivo de mexillón	Redución significativa da duración do período favorable ao afloramento nun 30% e da súa intensidade nun 45% nos últimos corenta anos	Álvarez Salgado <i>et al.</i> (2009)
	1994-2007	Pesqueira de polbo	O patrón do vento estacional e episódico explica o 82% dos cambios interanuais nas capturas	Otero <i>et al.</i> (2009)
		Pesqueira de sardiña	Poboación cunha gran complexidade, pero 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 no longo prazo	Bode <i>et al.</i> (2009)

FONTE: Elaboración propia.

Así mesmo, prevese a redución dos bens e servizos que provén os ecosistemas, xerando un elevado impacto nas economías que depende dos recursos mariños como abastecemento alimentario, xa que máis de un billón de persoas viven en zonas costeiras (Pauly *et al.*, 2005), en particular nos países en vías de desenvolvemento, que son moito máis vulnerables ao cambio climático (Allison *et al.*, 2009). Porén, ata o momento se lle prestou unha escasa atención aos impactos do cambio climático sobre as pesqueiras artesanais, que xeran millóns de postos de traballo en todo o mundo (McClanahan *et al.*, 2008). Ademais, as observacións empíricas realizadas ata agora indican que as especies mariñas responden ante as variacións ambientais modificando a súa distribución latitudinal e a profundidade media (Dulvy *et al.*, 2008), perturbando a produtividade dos stocks (Hannesson, 2007) e os servizos que brindan os ecosistemas, podendo afectar de maneira impredecible ás pesqueiras comerciais (Cheung e Sumaila, 2008).

Un dos efectos máis relevantes do cambio climático é o relacionado co aumento do nivel do mar. Existen fortes evidencias do incremento dese nivel asociado ao aumento das consecuencias dos gases de efecto invernadoiro. Constatouse un incremento global do nivel do mar de 120 m durante os últimos milenios que seguiron á era glacial (IPCC, 2007); desde aquela non se rexistraron cambios substanciais ata finais do século XIX, onde se estima que o nivel creceu a unha ratio de 1,7 mm ano⁻¹.

Malia as diferentes metodoloxías baseadas en datos xeolóxicos e en imaxes dos satélites e dos resultados obtidos, parece claro que existe unha simple evidencia dos datos empíricos e dos modelos climáticos de que a temperatura global da Terra aumentou nos últimos cen anos, ascendendo por riba de 0,6°C desde o ano 1900, e pode continuar crecendo a unha ratio de 0,2°C (IPCC, 2007). Igualmente, o incremento de CO₂ nos océanos afecta ao funcionamento dos ciclos bioxeoquímicos. Este aumento tamén reduce a capacidade dos océanos de captar máis CO₂, e volve máis ácida a súa composición, o que *a posteriori* reduce as concentracións de ións de carbono que inflúen na capacidade biolóxica dos océanos (Caldeira e Wickett, 2003). Porén, sábese relativamente pouco acerca da resposta dos ecosistemas mariños á combinación de todos estes factores (IPCC, 2007).

5.3. PROXECTANDO O FUTURO NUN INCERTO MEDIO MARIÑO EN TRANSFORMACIÓN

As proxeccións do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) estiman que, dependendo dos escenarios de simulación, a temperatura global da Terra podería incrementarse entre ±1,1°C e 1,6°C para o ano 2100, coas mellores estimacións oscilando en torno a ~1,8°C e 4,0 °C (IPCC, 2007a), aínda que os cambios de temperatura superficial dos océanos son altamente variables en termos xeográficos (Nicholls *et al.*, 2007).

En consecuencia, espérase que os efectos do cambio climático sexan importantes e nalgúns casos –como nos arrecifes de coral– extremadamente graves (Munday *et al.*, 2008). Por outra parte, non existe consenso científico acerca da magnitude dos efectos derivados do cambio climático sobre o fenómeno de *O Neno*, aínda que si se sabe que será unha significativa fonte de variabilidade periódica da temperatura superficial na rexión do Pacífico (Lough, 2007). O cambio climático tamén afectará á distribución e á biodiversidade dos mangleirais –comunidades ecolóxicas cunha elevada riqueza de peixes e crustáceos–, que constitúen unha valiosa fonte de enerxía para as redes tróficas das zonas costeiras, e que exportan carbono en forma de plantas e de detrito animal, o que estimula a produtividade dos estuarios e das zonas costeiras.

6. O PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN NA PESCA

6.1. EVIDENCIA EMPÍRICA ACUMULADA

A xestión de pesqueiras comerciais require dun bo coñecemento científico sobre o comportamento das especies explotadas. A ciencia pesqueira do século XXI que se utiliza para avaliar o estado dos stocks aínda está dominada polos modelos de poboación desenvolvidos nos anos cincuenta por Schaefer e por Beverton e Holt para a análise de especies individuais.

Con frecuencia argumentase que a avaliación científica uniespecífica ou convencional non serviu para evitar os frecuentes colapsos das últimas décadas, como a parrocha en India (1965-1966), o arenque no Atlántico noroeste (1968-1969), o peixe burro no Georges Bank (1968), a sardiña de Namibia (1970-1971), o bocarte peruano (1972-1973), a parrocha do golfo de Guinea (1973-1974) ou o bacallau nas costas de Canadá (1992), entre outros (García *et al.*, 2003).

Con todo, o que sucedeu na práctica foi que, malia o chamamento á adopción do principio de precaución ou o enfoque por ecosistemas, a maior parte das consideracións ecosistémicas son polo momento manipulacións *ad hoc* do enfoque de avaliación uniespecífica (Beddington e Kirkwood, 2007). Malia iso, os progresos informáticos significaron a creación de sofisticados modelos de estimación de abundancia dos stocks, e xunto a eles a apreciación e valoración de como responden os stocks á variabilidade ambiental (Hilborn e Walters, 1992).

En todo caso, xorde un interrogante sumamente relevante, pero escasamente discutido ata o momento e moito menos incorporado en regulacións pesqueiras: que presenza atopa o concepto de potencial irreversibilidade no proceso de toma de decisións na ciencia pesqueira? Malia que a ciencia non é habitualmente ben comprendida, existen casos de colapso de pesqueiras nos que non está claro se aínda detendo a pesca se podería deter a irreversibilidade do cambio. Obviamente, as especies extinguidas non poden ser recuperadas, polo que é preciso profundar no coñecemento sobre os efectos da extinción de especies sobre o resto do ecosistema.

6.2. A ORIXE DO PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN

Fronte a estes escenarios xurdiu explícita ou implicitamente nos instrumentos de regulación pesqueira o concepto do principio de precaución ou o enfoque por ecosistemas como necesario complemento da avaliación científica uniespecífica, capaz de incorporar de maneira explícita as relacións tróficas entre especies (Pauly *et al.*, 2003). Ante este grao de incerteza, coa adopción da *Convención sobre Biodiversidade Biolóxica* (1992) a xestión do medio mariño dunha maneira sostible converteuse nun obxectivo global e legal de primeira orde.

Aceptando que a adaptabilidade e a capacidade reprodutiva dos ecosistemas son caracteres claves, o cambio real na xestión pesqueira deberá estar encamiñado cara á determinación dos límites físicos dos ecosistemas, poñendo de manifesto a necesidade de recoñecer explicitamente as fontes de incerteza no proceso de toma de decisións (Caddy, 1997). É así como xorde o principio de precaución, motivado pola crecente importancia de coñecemento sobre a interacción das especies e polo recoñecemento dos bens e servizos que proporcionan os ecosistemas (Pikitch *et al.*, 2004). O dito principio recoñece explicitamente a complexidade dos ecosistemas e as interconexións entre os seus compoñentes, tanto no principio 15 da *Declaración de Río* como na maior parte dos instrumentos legais internacionais como o *Acordo de Nova York* (1995), o *Código de conduta para a pesca responsable* (1995), ou a Consulta de Expertos da FAO que tivo lugar en Reykjavik (2002), o que lle confire unha entidade normativa esencial na xestión das pesqueiras.

Pero un dos tests máis delicados que debe superar o principio de precaución —que aínda non está resolto— é o da súa implementación, xa que debe enfrontarse a unha serie de dificultades relevantes (García *et al.*, 2003). A primeira delas é unha cuestión de escala, debendo diferenciar a pesca industrial da artesanal, na medida en que operan baixo distintos réximes de xestión, xa que as medidas do enfoque por ecosistemas nesta última son non realistas, son custosas e dificilmente operacionais debido á falta de coñecemento local dos ecosistemas (Castilla e Defeo, 2005).

A segunda das dificultades radica no establecemento de dereitos de propiedade adecuados ou de réximes de xestión para asegurar a implementación do dito principio, xa que a crónica e xeneralizada ausencia de dereitos de pesca, ou o seu escaso control —derivados da forte connotación política dos mecanismos de gobernanza—, orixinou unha tendencia difícil de resolver na medida en que prevalecen os intereses no curto prazo (García *et al.*, 2003).

Un terceiro problema estriba no proceso de recoñecemento do principio de precaución polos Estados que aprobaron e ratificaron os instrumentos internacionais nos que se recoñece explicitamente este principio. Malia existir un consenso global sobre este novo paradigma de conservación (Hilborn, 2007), o certo é que ben porque se trata de países en vías de desenvolvemento con dificultades financeiras para a súa adopción, ben por razóns de estratexia xeopolítica que avogan por non ratificar ou por traspoñer nas súas normativas as disposicións pertinentes, ou ben pola

falta de vontade política nos países desenvolvidos, o mencionado principio non ten aplicabilidade directa en todo o mundo (Pitcher *et al.*, 2008).

Un cuarto problema baséase nos requirimentos estatísticos mínimos adecuados para monitorizar os progresos do dito principio. Nos países en vías de desenvolvemento a pobre recompilación estatística a miúdo descoñece o coñecemento dos ecosistemas mariños, infravalora os efectos das actividades humanas ou, mesmo naqueles casos onde se dispón de infraestruturas científicas adecuadas, subvalora a recompilación estatística das capturas (Zeller e Pauly, 2007).

Una última dificultade, que probablemente é a máis importante, consiste na adecuada fixación de obxectivos biolóxicos, económicos, políticos e sociais, xa que con frecuencia estes obxectivos entran en conflito. Se non se determinan de maneira clara cales son os obxectivos que se queren alcanzar, dificilmente se poderá progresar na implementación do principio de precaución (Hilborn, 2007). A historia recente da ciencia pesqueira proporciona numerosos exemplos de fracasos e de éxitos de xestión debidos á (in)eficacia na delimitación clara dos obxectivos (Hilborn *et al.*, 2005). Co obxecto de resolver parte destes problemas, o principio de precaución prescrib a necesidade de adoptar uns puntos de seguridade ou uns estándares mínimos: os puntos de referencia biolóxicos.

6.3. PUNTOS DE REFERENCIA LÍMITE E PRECAUTORIOS

O papel dos científicos consiste na adopción dunha serie de medidas encamiñadas a desenvolver métodos para cuantificar e transmitir os graos de incerteza dunha pesqueira. Así, con frecuencia a identificación dos puntos de referencia estivo asociada ou mesmo se empregou como sinónimo do principio de precaución (García *et al.*, 2003).

Desafortunadamente, como investigadores dispoñemos dunha variada gama de posibles estratexias ante un escenario determinado. Cando se adopta unha medida de xestión nunca podemos estar completamente seguros da súa efectividade, nin sequer sabemos con certeza os efectos do grao de precaución que escollemos para a súa implementación (Walters e Martell, 2004). Por iso, o que se desenvolveu e expandiu foi a adopción de puntos de referencia relacionados co tamaño do stock e coa mortalidade por pesca (Grafton *et al.*, 2007). Este tipo de modelo de xestión relaciona o recrutamento, a mortalidade natural e o crecemento do stock. Un punto de referencia típico é aquel que fixa un límite de biomasa determinado para obter o máximo rendemento sostible (MRS). Porén, este punto non nos di nada explicitamente acerca da ameaza que pode sufrir un stock, por iso habitualmente se determinan puntos de referencia límite por baixo dos cales o recrutamento será substancialmente reducido (Beddington *et al.*, 2007).

Malia os progresos alcanzados na implementación a nivel nacional do principio de precaución (Pitcher *et al.*, 2008), o certo é que case sempre se fixo referencia á conservación dos stocks, e adóitase criticar que non se realiza referencia ningunha

á necesidade de protexer as comunidades locais que dependen destes recursos (Hilborn *et al.*, 2001) nin á incorporación de incentivos aos pescadores (Grafton *et al.*, 2007). Outra das críticas que se realizan aos puntos de referencia é que sobreestiman a importancia do coñecemento da abundancia dos stocks, xa que resulta notoriamente difícil estimar a biomasa con precisión (Hilborn e Walters, 1992), o que evidencia que virtualmente case todos os colapsos se deberon a unha avaliación demasiado optimista do ditos stocks (Essington, 2001).

7. SERVIZOS DOS ECOSISTEMAS MARIÑOS

7.1. CARACTERÍSTICAS

Os servizos dos ecosistemas foron definidos como “*as condicións e os procesos a través dos cales os ecosistemas, e as súas especies, son capaces de manter e facilitar a vida dos humanos*” (Daly, 1997).

Con relativa frecuencia, o exame dos servizos que brindan os ecosistemas estivo centrado nos valores de mercado, isto é, no valor das capturas que proceden do mar, ou ben nos beneficios económicos derivados das actividades recreativas do turismo provenientes do medio mariño (Berman e Sumaila, 2006). Estudos empíricos evidencian que máis do 99% dos traballos científicos só abordan o valor de mercado dos ecosistemas mariños (Sumaila, 2007). Porén, a valoración dos servizos debe incluír o valor económico total, é dicir, comprender tanto os valores de mercado como os de non mercado –valor de uso, de non uso, etc.–. Os ecosistemas mariños proporcionanlle un considerable número de bens e servizos aos seres humanos: as pesqueiras comerciais, a provisión de enerxía, as actividades recreativas e o turismo, o secuestro de CO₂, a regulación do clima, a descomposición de materia orgánica, a xeración de nutrientes, a achega de bens culturais e a protección das zonas costeiras, e a maior parte destas funcións son críticas para o funcionamento da Terra (Hassan *et al.*, 2005).

Os ecosistemas mariños tamén lles proporcionan servizos ás demais especies a través da filtración de auga –por exemplo, os mexillóns– ou ofrecendo refuxio para desenvolver o seu ciclo vital –por exemplo, as algas, os corais, etc.– (Döring e Egelkraut, 2008), e abastecen a máis de mil millóns de persoas que viven na pobreza en todo o mundo (Banco Mundial, 2009).

7.2. RESILIENCIA, VULNERABILIDADE E PESCA

Froese e Kesner-Reyes (2002) e Worm *et al.* (2006), nos seus estudos sobre as tendencias observadas nas capturas de diferentes stocks, predicían a probabilidade dun incremento dos colapsos –alcanzando un 29% no ano 2003–, á vez que aseveraron que a biodiversidade mariña reducía a posibilidade de destrución dalgunhas

poboacións. Pero o máis rechamante, e sobre todo o que atraeu a atención do público en xeral, foi que a súa extrapolación, de continuar cos niveis actuais de explotación, permitía afirmar que o 100% dos stocks se destruírían no ano 2048 (Worm *et al.*, 2006).

Este provocativo e estimulante traballo foi replicado por Murawski *et al.* (2007), por Hilborn (2007a) e por Branch (2008). Murawski *et al.* (2007) cuestionan a suposición de que reducidas capturas implican necesariamente unha diminución da abundancia, xa que baixas capturas poden ter lugar mesmo no caso dunha elevada abundancia ou viceversa, debido aos baixos prezos de venda. Pola súa parte, Hilborn (2007a) discute¹ o indicador de capturas como sintomático do status dos stocks xa que, malia estar ben xestionados, algúns destes poderían clasificarse como colapsados polo feito do establecemento dunha ZEE que reduza sensiblemente as capturas ou porque a abundancia dalgúns deses stocks pode verse reducida dramaticamente pola súa natureza inherentemente variable.

Por último, Branch (2008) cuestionou a predición de Worm *et al.* (2006) porque a suposición de que o declive das capturas é sintomático do descenso da abundancia relativa non é correcta, porque o número de stocks non destruídos mostraba síntomas de crecemento e porque, aínda no caso de que todas as pesqueiras colapsaran algunha vez, entre un 50% e un 55% se terían recuperado nalgún momento (Branch, 2008). A este respecto, Froese *et al.* (2008) replicaron as críticas argüindo principalmente que descoñecer a primeira crítica de Branch (2008) supoñía dar por suposto que os gobernos e as axencias de regulación reducían drasticamente a pesca dalgúns especies sen que os stocks estiveran en declive. A esta réplica súmase o feito de que, utilizando outra fonte de datos, Froese *et al.* (2008) demostran que o número de stocks con rendementos menores ao 10% do seu MRS estaba aumentando, e que o número novo de stocks que ingresaban nas pesqueiras descendeu progresivamente no período 1970-2004.

Se atendemos á evolución de exemplos de capital natural –bosques, acuíferos, pesqueiras–, observaremos que existe unha crecente evidencia de que as actuais razóns de explotación cambiarán –presumiblemente– de maneira dramática o desenvolvemento e o equilibrio destes ecosistemas, e en moitos casos sen apenas percibi-lo (Hassan *et al.*, 2005). O que parece meridianoamente claro é que a resiliencia dos ecosistemas é quen de tolerar algún grao maior de afectación do que actualmente soporta (Gitay *et al.*, 2001).

Como primeira cuestión relevante, cómpre destacar que non está claro se ante as alteracións que conduzan a configuración do ecosistema a un estado diferente, a resiliencia será capaz de soportar cambios antropoxénicos derivados do cambio climático (Folke *et al.*, 2002). Un segundo aspecto que tamén cómpre destacar é que os ecosistemas están suxeitos a unha presión inducida extra dos seres humanos, e

¹ Hilborn *et al.* (2003) “anticipan novos declives de abundancia, novas perdas de postos de traballo nas comunidades de pescadores e potenciais cambios estruturais nos ecosistemas mariños” baseándose nun indicador de capturas para estimar a abundancia relativa como o que utilizan Worm *et al.* (2006).

que isto provoca que outros factores aceleren e agraven a fragmentación e a degradación dos hábitats, feito que podería acontecer e ter efectos descoñecidos sobre a biosfera. Unha terceira cuestión que é preciso sinalar é que o coñecemento e o entendemento acerca de como funcionan os ecosistemas aínda está en desenvolvemento, polo que a escala xeográfica e temporal dos efectos podería alcanzar centos de anos e ser en principio apenas perceptibles. Un último aspecto crucial céntrase na vulnerabilidade e na extinción das especies, de maneira que a extinción dunha especie mariña pode provocar a perda irreversible dos bens e servizos que proporcionan os ecosistemas (Worm *et al.*, 2006). Esta vulnerabilidade foi estudada nas especies mariñas que habitan en augas costeiras (Cheung *et al.*, 2007) e en montes submarinos (Morato *et al.*, 2006). Da relación de peixes mariños que figuran na listaxe da *Unión Mundial para a Conservación da Natureza* (IUCN), a maior parte deles atópase en perigo de colapso.

Habitualmente, considérase que a historia de vida dunha especie ou, mellor dito, a súa fraxilidade intrínseca, afecta á vulnerabilidade da pesca. Precisamente, especies de gran tamaño, dunha elevada lonxevidade, cunha alta idade de madureza e con ratios de crecemento lento son máis débiles (Cheung *et al.*, 2007). Estudos empíricos recentes atoparon unha forte correlación entre a abundancia dun recurso e os parámetros da súa historia de vida (Reynolds *et al.*, 2005), declinando a unha ratio maior as especies máis fráxiles. Este proceso de maior vulnerabilidade dunhas especies sobre outras explicaría o fenómeno de *fishing down marine food webs*, posto que xeralmente a pesca se dirixe inicialmente aos predadores superiores –con frecuencia máis débiles– para logo explotar progresivamente especies de niveis inferiores –xeralmente menos vulnerables– da rede trófica. Cheung *et al.* (2007) calcularon un índice de vulnerabilidade intrínseca das especies mariñas capturadas que habitan o noso planeta, e concluíron que aquela depende do hábitat no que transcorre o ciclo vital de cada especie e, por extensión, os servizos que proporcionan. Así, a predición da vulnerabilidade intrínseca das especies dos montes submarinos resultou ser significativamente maior que a obtida para os arrecifes de coral e para os estuarios. Outro dos resultados relevantes radica en que a media da vulnerabilidade intrínseca da composición das capturas mundiais descendeu no período 1950-2003, e que cando as especies dos niveis tróficos inferiores se exclúen da análise, a ratio de descenso é máis pronunciada.

8. CONCLUSIÓNS

O estudo da resiliencia e da complexidade dos océanos aborda unha das cuestións centrais da ciencia pesqueira, en particular a relación entre a biodiversidade e a sostibilidade da pesca. Debido á información incompleta, á complexidade e á incerteza dos ecosistemas mariños, os propoñentes do principio de precaución esgrimen que a xestión debe ser adaptativa e incluír a aprendizaxe dinámica procedente das posibles opcións de xestión experimentais. A inclusión da representatividade e

da diversidade dos axentes interesados debe formar parte do proceso de toma de decisións, incorporando a construción de coñecemento acerca de como responder ante as perturbacións dos ecosistemas mariños.

O recoñecemento da capacidade de autoorganización e resposta do medio mariño, facilitando a súa comprensión nos mecanismos de regulación multinivel, pode facer os sistemas socioecolóxicos máis robustos e preparalos mellor para os cambios de natureza imprevisible. Isto permitiralles aos xestores actuar de maneira activa reducindo a potencial irreversibilidade de traxectorias non sostibles. Este tipo de proceso, aínda que posúe unha natureza eminentemente tentativa e susceptible de acomodarse aos novos coñecementos e á nosa exploración, puxo de manifesto diversas cuestións teóricas e prácticas relevantes. Así, o noso coñecemento sobre a capacidade adaptativa dos ecosistemas mariños aínda é rudimentario, o que revela a enorme necesidade de incrementar cuantitativa e cualitativamente o volume de estudos e de observacións empíricas que permitan inferir medidas relevantes de conservación. O que parece profusamente claro é que, na exploración da sostibilidade local, rexional e global, o crecente interese nas relacións dos usuarios coas estruturas de gobernanza e coa natureza co-evolutiva da aprendizaxe do funcionamento do medio, debe prevalecer a adopción de métodos de medición da resiliencia de natureza predictiva.

BIBLIOGRAFÍA

- AGNEW, D.; HILL, S.L.; BEDDINGTON, J.R.; PURCHASE, L.V.; WAKEFORD, R.C. (2005): "Sustainability and Management of Southwest Atlantic Squid Fisheries", *Bulletin of Marine Science*, 76 (2), pp. 579-593.
- AGNEW, D.; PEARCE, J.; PRAMOD, G.; WATSON, R.; BEDDINGTON, J.R.; PITCHER, T.J. (2009): "Estimating the Worldwide Extent of Illegal Fishing", *PloS ONE*, 4 (2), p. 4570.
- ALLISON, E.; PERRY, L.; BADJECK, M.C.; ADGER, W.N.; BROWN, K.; CONWAY, D.; HALLS, A.S.; PILLING, G.M.; REYNOLDS, J.D.; NEIL, L.; ANDREW, N.L.; DULVY, N.K. (2009): "Vulnerability of National Economies to the Impacts of Climate Change on Fisheries", *Fish and Fisheries*, 1, pp. 2-19.
- ÁLVAREZ SALGADO, X.M.; FERNÁNDEZ REIRIZ, M.J.; LABARTA, U.; FILGUERA, R.; PETEIRO, L.; FIGUEIRAS, F.G.; PIEDRACOBIA, S.; ROSÓN, G. (2009): "Influencia do cambio climático no cultivo de mexillón das rías galegas", en V.P. Muñizuri, M. Fernández Cañamero e J.L. Gómez Gesteira [coord.]: *Evidencias do cambio climático en Galicia*, pp. 373-390. Xunta de Galicia, Consellería do Medio e Desenvolvemento Sostible.
- BARRY, J.P.; BAXTER, C.H.; SAGARIN, R.D.; GILMAN, S.E. (1995): "Climate-Related, Long-Term Faunal Changes in a California Rocky Intertidal Community", *Science*, 267, pp. 672-675.
- BEARE, D.J.; BURNS, F.; GREIG, A. (2004): "Long-Term Increases in Prevalence of North Sea Fishes Having Southern Biogeographic Affinities", *Marine Ecology Progress Series*, 284, pp. 269-278.
- BEAUGRAND, G.; REID, P.C.; IBANEZ, F.; LINDLEY, J.A.; EDWARDS, M. (2002): "Reorganization of North Atlantic Marine Copepod Biodiversity and Climate", *Science*, 296, pp. 1692-1694.

- BEDDINGTON, J.R.; AGNEW, D.J.; CLARK, C.W. (2007): "Current Problems in the Management of Marine Fisheries", *Science*, 22 (316), pp. 1713-1716.
- BEDDINGTON, J.R.; KIRKWOOD, G.P. (2007): "Fisheries", en R.M. May e A.R. McLean [ed.]: *Theoretical Ecology: Principles and Applications*, pp. 148-157. Oxford: Oxford University Press.
- BERGE, J.; JOHNSEN, G.; NILSEN, F.; GULLIKSEN, B.; SLAGSTAD, D. (2005): "Ocean Temperature Oscillations Enable Reappearance of Blue Mussels *Mytilus edulis* in Svalbard After a 1000 Year Absence", *Marine Ecology Progress Series*, 303, pp. 167-175.
- BERKES, F.; FOLKE, C. [ed.] (1998): *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge: Cambridge University Press.
- BERKES, F.; FOLKE, C. (2002): "Back to the Future: Ecosystem Dynamics and Local Knowledge", en L.H. Gunderson e C.S. Holling [ed.]: *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, pp. 121-146. Washington, D.C.: Island Press.
- BERMAN, M.; SUMAILA, U.R. (2006): "Discounting, Amenity Values, and Marine Ecosystem Restoration", *Marine Resource Economics*, 21, pp. 211-219.
- BLANCHARD, J.L.; MILLS, C.; JENNINGS, S.; FOX, C.J.; RACKHAM, B.D.; EASTWOOD, P.D.; O'BRIEN, C.M. (2005): "Distribution-Abundance Relationships for North Sea Atlantic Cod (*Gadus morhua*): Observation Versus Theory", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62, pp. 2001-2009.
- BODE, A.; CABANAS, J.M.; PORTEIRO, C.; SANTOS, M.B. (2009): "Variabilidade interanual da sardiña en Galicia e na rexión ibérica", en V.P. Muñuzuri, M. Fernández Cañamero e J.L. Gómez Gesteira [coord.]: *Evidencias do cambio climático en Galicia*, pp. 341-354. Xunta de Galicia, Consellería do Medio e Desenvolvemento Sostible.
- BORJA, A.; BRICKER, S.; DAUER, D.M.; DEMETRIADES, N.; FERREIRA, J.G.; FORBES, A.T.; HUTCHINGS, P.; JIA, X.; KENCHINGTON, R.; MARQUES, J.C.; ZHU, C. (2008) "Overview of Integrative Tools and Methods in Assessing Ecological Integrity in Estuarine and Coastal Systems Worldwide", *Marine Pollution Bulletin*, 56, pp. 1519-1537.
- BRANCH, T. (2008): "Not all Fisheries will be Collapsed in 2048", *Marine Policy*, 32 (1), pp. 38-39.
- BRANDER, K. (2006): *Assessment of Possible Impacts of Climate Change on Fisheries*. Berlin: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen.
- CADDY, J. (1997): "Checks and Balances in the Management of Marine Fish Stocks: Organizational Requirements for a Limit Point Approach", *Fisheries Research*, 30, pp. 1-15.
- CASTILLA, J.C.; DEFEO, O. (2005): "Paradigm Shifts Needed for World Fisheries", *Science*, 309, pp. 1324-1325.
- CHEUNG, W.; SUMAILA, U.R. (2008): "Trade-Offs Between Conservation And Socio-Economic Objectives in Managing a Tropical Marine Ecosystem", *Ecological Economics*, 66, pp. 193-210.
- CHEUNG, W.; WATSON, R.; MORATO, T.; PITCHER, T.J.; PAULY, D. (2007): "Intrinsic Vulnerability in the Global Fish Catch", *Marine Ecology Progress Series*, 333, pp. 1-12.
- CLARK, R.A.; FOX, C.J.; VINER, D.; LIVERMORE, M. (2003): "North Sea Cod and Climate Change – Modelling the Effects of Temperature on Population Dynamics", *Global Change Biology*, 9 (11), pp. 1669-1680.
- COSTANZA, R.; ANDRADE, F.; ANTUNES, P.; VAN DER BELT, M.; BOESCH, D.; BOERSMA, D.; CATARINO, F.; HANNA, S.; LIMBURG, K.; LOW, B.; MOLITOR, M.; GIL PEREIRA, J.;

- RAYNER, S.; SANTOS, R.; WILSON, J.; YOUNG, M. (1999): "Ecological Economics and Sustainable Governance of the Oceans", *Ecological Economics*, 31(1), pp. 171-187.
- DALY, H.E. (1997): "Medio ambiente y desarrollo sostenible: más allá del informe Brundtland", en R. Goodland [coord.]: *De la economía del mundo vacío a la economía del mundo lleno*, pp. 37-50. Trotta.
- DASGUPTA, P. (2001): *Human Well-Being and the Natural Environment*. New York: Oxford University Press.
- DAVIES, R.W.; CRIPPS, S.J.; NICKSON, A.; PORTER, G. (2009): "Defining and Estimating Global Marine Fisheries By-Catch", *Marine Policy*, 33, pp. 661-672.
- DIETZ, T.; OSTROM, E.; STERN, P. (2003): "The Struggle to Govern the Commons", *Science*, 302 (5652), pp. 1907-1912.
- DÖRING, R.; EGELKRAUT, T. (2008): "Investing in Natural Capital as Management Strategy in Fisheries: The Case of the Baltic Sea Cod Fishery", *Ecological Economics*, 64 (3), pp. 634-642.
- DULVY, N.K.; ROGERS, S.I.; JENNINGS, S.; VANNESA, S.; DYE, S.R.; SKJOLDAL, H.R. (2008): "Climate Change and Deeping of the North Sea Fish Assemblage: A Biotic Indicator of Warming Seas", *Journal of Applied Ecology*, 45, pp. 1029-1039.
- ESSINGTON, T. (2001): "The Precautionary Approach in Fisheries Management: The Devil is the Details", *Trends in Ecology and Evolution*, 16 (3), pp. 121-122.
- FOGARTY, M.; INCZE, L.; HAYHOE, K.; MOUNTAIN, D.M.; MANNING, J. (2008): "Potential Climate Change Impacts on Atlantic Cod (*Gadus morhua*) off the Northeastern USA", *Strategies of Global Changes* 13, pp. 452-466.
- FOLKE, C.; CARPENTER, S.; WALKER, B.; SCHEFFER, M.; ELMQVIST, T.; GUNDERSON, L.; HOLLING, C.S. (2004): "Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management", *Annual Review of Ecology and Evolution Systems*, 35, pp. 557-581.
- FOLKE, C.; COLDING, J.; BERKES, F. (2002): "Synthesis: Building Resilience and Adaptive Capacity in Social-Ecological Systems", en F. Berkes, C. Folke e J. Colding [ed.]: *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*, pp. 352-387. Cambridge: Cambridge University Press.
- FOLKE, C.; HOLLING, C.S.; PERRINGS, C. (1996): "Biological Diversity, Ecosystems, and the Human Scale", *Ecological Applications*, 6 (4), pp. 1018-1024.
- FOLKE, C.; PITCHARD, L.; BERKES, F.; COLDING, J.; SVEDIN, U. (2007): "The Problem of Fit between Ecosystems and Institutions: Ten Years Later", *Ecology and Society*, 12 (1), p. 30.
- FROESE, R.; STERN-PIRLLOT, A.; KESNER-REYES, K. (2008): "Out of New Stocks in 2020: A Comment on Not All Fisheries Will be Collapsed in 2048", *Marine Policy*, 33, pp. 180-181.
- GARCÍA, S.M.; ZERBI, A.; ALIAUME, C.; DO CHI, T.; LASSERRE, G. (2003): *The Ecosystem Approach to Fisheries, Issues, Terminology, Principles, Institutional Foundations, Implementation and Outlook*. (FAO Fisheries Technical Paper, 443). Rome: FAO.
- GENNER, M.J.; SIMS, D.W.; WEARMOUTH, V.J.; SOUTHALL, E.J.; SOUTHWARD, A.J.; HENDERSON, P.A.; HAWKINS, S.J. (2004): "Regional Climatic Warming Drives Long-Term Community Changes of British Marine Fish", *Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences*, 271, pp. 655-661.
- GITAY, H.; BROWN, S.D.; EASTERLING, W.; JALLOW, B. (2001): "Ecosystems and Their Goods and Services", en Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): *Climate*

- Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, pp. 237-315. (Working Group II Contribution to the Third Assessment Report of the IPCC). Cambridge: Cambridge University Press.
- GRAFTON, R.Q.; KOMPAS, T.; HILBORN, R. (2007): "Economics of Overexploitation Revisited", *Science*, 318, p.1601.
- HANNESSON, R. (2007): "Geographical Distribution of Fish Catches and Temperature Variations in the Northeast Atlantic Since 1945", *Marine Policy*, 31 (1), pp. 32-39.
- HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N. [ed.] (2005): *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends*, vol. 1: "Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment". Washington, D.C.: Island Press.
- HIDDINK, J.G.; HOFSTEDER, R.T. (2008): "Climate Induced Increases in Species Richness of Marine Fishes", *Global Change Biology*, 14, pp. 453-460.
- HILBORN, R. (2007a): "Defining Success in Fisheries and Conflicts in Objectives", *Marine Policy*, 31 (4), pp. 455-482.
- HILBORN, R. (2007b): "Reinterpreting the State of Fisheries and Their Management", *Ecosystems*, 10, pp. 1362-1369.
- HILBORN, R.; BRANCO, T.; ERNST, B.; MAGNUSSON, A.; MINTE-VERA, C.V.; SCHEUERRELL, M.D.; VALERO, J.L. (2003): "State of the World's Fisheries", *Annual Review of Environment and Resources*, 28, pp. 359-399.
- HILBORN, R.; MAGUIRE, J.J.; PARMA, A.; ROSENBERG, A.A. (2001): "The Precautionary Approach and Risk Management: Can they Increase the Probability of Successes in Fishery Management?", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 58 (1), pp. 99-107.
- HILBORN, R.; ORENSANZ, J.M.; PARMA, A. (2005): "Institutions, Incentives and the Future of Fisheries", *Philosophical Transactions of The Royal Society*, 360, pp. 47-57.
- HILBORN, R.; WALTERS, C. (1992): *Quantitative Fisheries Stock Assessment, Choice, Dynamics and Uncertainty*. New York: Chapman and Hall.
- HOLDING, J.; FOLKE, C. (2001): "Social Taboos: «Invisible» Systems of Local Resource Management and Biological Conservation", *Ecological Applications*, 11 (2), pp. 584-600.
- HOLLING, C.S. (1973): "Resilience and Stability of Ecological Systems", *Annual Review of Ecology and Systems*, 4, pp. 1-23.
- HOLLING, C.S. (1978): *Adaptive Environmental Assessment and Management*. London: Wiley.
- HOLLING, C.S. (1986): "The Resilience of Terrestrial Ecosystems; Local Surprise and Global Change", en W.C. Clark e R.E. Munn [ed.]: *Sustainable Development of the Biosphere*, pp. 292-317. Cambridge: Cambridge University Press.
- HUGHES, T.P.; BELLWOOD, D.R.; FOLKE, C.; STENECK, R.S.; WILSON, J.D. (2005): "New Paradigms for Supporting the Resilience of Marine Ecosystems", *Trends in Ecology & Evolution*, 20 (7), pp. 380-386.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2007a): *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: Cambridge University Press.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2007b): *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. (Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). Cambridge: Cambridge University Press.

- KELLEHER, K. (2005): *Discards in the World's Marine Fisheries: An Update*. (FAO Fisheries Technical Paper, 470). Rome: FAO.
- LEBEL, L.; ANDERIES, J.M.; CAMPBELL, B.; FOLKE, C.; HATFIELD-DODDS, S.; HUGHES, T.P.; WILSON, J. (2006): "Governance and the Capacity to Manage Resilience in Regional Social-Ecological Systems", *Ecology And Society*, 11 (1), p. 19.
- LEHODEY, P.; ALHEIT, J.; BARANGE, M.; BAUMGARTNER, T.; BEAUGRAND, G.; DRINKWATER, K.; FROMENTIN, J.M.; HARE, S.R.; OTTERSEN, G.; PERRY, R.I.; ROY, C.; VAN DER LINGEN, C.D.; WERNER, F. (2006): "Climate Variability, Fish, and Fisheries", *Journal of Climate*, 19, pp. 5009-5030.
- LIMA, F.P.; QUEIROZ, N.; RIBEIRO, P.A.; HAWKINS, S.J.; SANTOS, A.M. (2006): "Recent Changes in the Distribution of a Marine Gastropod, *Patella Rustica* Linnaeus, 1758, and Their Relationship to Unusual Climatic Events", *Journal of Biogeography*, 33, pp. 812-822.
- LOUGH, J. (2007): "Climate and Climate Change on the Great Barrier Reef", en J.E. Johnson e P.A. Marshall [ed.]: *Climate Change and the Great Barrier Reef*, pp. 15-50. Townsville: Great Barrier Reef Marine Park Authority and Australian Greenhouse Office.
- LOUKOS, H.; MONFRAY, P.; BOPP, L.; LEHODEY, P. (2003): "Potential Changes in Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) Habitat from a Global Warming Scenario: Modelling Approach And Preliminary Results", *Fisheries Oceanography*, 12, pp. 474-482.
- MARTENS, P.; BEUSEKOM, J.E. (2008): "Zooplankton Response to a Warmer Northern Wadden Sea", *Helgoland Marine Research*, 62, pp. 1438-3888.
- MCCLANAHAN, R.A. (2001): "The Effect of Marine Reserves and Habitat on Populations of East African Coral Reef Fishes", *Ecological Applications*, 11 (2), pp. 559-569.
- MIESZKOWSKA, N.; HAWKINS, S.J.; BURROWS, M.T.; KENDALL, M.A. (2007): "Long-Term Changes in the Geographic Distribution and Population Structures of *Osilinus Lineatus* (Gastropoda: Trochidae) in Britain and Ireland", *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87, pp. 537-545.
- MIESZKOWSKA, N.; KENDALL, M.A.; HAWKINS, S.J.; LEAPER, R.; WILLIAMSON, P.; HARDMAN-MOUNTFORD, N.J.; SOUTHWARD, A.J. (2006): "Changes in the Range of Some Common Rocky Shore Species in Britain –A Response to Climate Change?", *Hydrobiologia*, 555, pp. 241-251.
- MORATO, T.; WATSON, R.; PITCHER, T.J.; PAULY, D. (2006): "Fishing Down The Deep", *Fish and Fisheries*, 7, pp. 24-34.
- MRAG; MG OTERO; POLEM (2008): *Analysis of the Economic and Social Importance of Community Fishing Fleet Using Bottom Gears in the High Seas*. London: MRAG.
- MUETER, F.J.; LITZOW, M.A. (2008): "Sea Ice Retreat Alters the Biogeography of the Bering Sea Continental Shelf", *Ecological Applications*, 18 (2), pp. 309-320.
- MUNDAY, P.L.; JONES, G.P.; PRATCHETT, M.S.; WILLIAMS, A.J. (2008): "Climate Change and the Future for Coral Reef Fishes", *Fish And Fisheries*, 9, pp. 261-285.
- MURAWSKI, S. (1993): "Climate Change and Marine Fish Distributions: Forecasting from Historical Analogy", *Transactions of the American Fisheries Society*, 112, pp. 647-658.
- MURAWSKI, S.; METHOT, R.; TROMBLE, G. (2007): "Biodiversity Loss in the Ocean: How Bad Is It?", *Science*, 316 (5829), pp. 1281-1284.
- MYERS, R.A.; WORM, B. (2003): "Rapid Worldwide Depletion of Predatory Fish Communities", *Nature*, 423, pp. 280-283.
- NICHOLLS, R.J.; WONG, P.P.; BURKETT, V.R.; CODIGNOTTO, J.O.; HAY, J.E.; MCLEAN, R.F.; RAGOONADEN, S.; WOODROFFE, C.D. (2007): "Coastal Systems And Low-Lying Areas.

- Climate Change 2007: Impacts, Adaptation And Vulnerability”, en M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden e C.E. Hanson [ed.]: *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 315-356. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- OSTROM, E.; BURGER, J.; FIELD, C.B.; NORGAARD, R.B.; POLICANSKY, D. (1999): “Revisiting The Commons: Local Lessons, Global Challenges”, *Science*, 284, pp. 278-282.
- OTERO, J.; GONZÁLEZ, A.F.; GUERRA, A.; ÁLVAREZ SALGADO, X.M. (2009): “Efectos do clima sobre o polbo común”, en V.P. Muñuzuri, M. Fernández Cañamero e J.L. Gómez Gesteira [coord.]: *Evidencias do cambio climático en Galicia*, pp. 403-421. Xunta de Galicia, Consellería do Medio e Desenvolvemento Sostible.
- PAULY, D.; ALDER, J.; BENNET, E.; CHRISTENSEN, V.; TYEDMERS, T.; WATSON, R. (2003): “The Future For Fisheries”, *Science*, 302, pp. 1359-1361.
- PAULY, D.; PALOMARES, M.L. (2005): “Fishing Down Marine Food Web: It is Far More Pervasive Than we Thought”, *Bulletin of Marine Science*, 76 (2), pp. 197-211.
- PERRY, R.I.; LOW, P.J.; ELLIS, J.R.; REYNOLDS, J.D. (2005): “Climate Change and Distribution Shifts in Marine Fishes”, *Science*, 308, pp. 1912-1915.
- PIKITCH, E.K.; SANTORA, C.; BABCOCK, E.A.; BAKUN, A.; BONFIL, R.; CONOVER, D.O.; DAYTON, P.; DOUKAKIS, P.; FLUHARTY, D.; HENEMAN, B.; HOUDE, E.D.; LINK, J.; LIVINGSTON, P.A.; MANGEL, M.; MCALLISTER, M.K.; POPE, J.; SAINSBURY, K.J. (2004): “Ecosystem-Based Fishery Management”, *Science*, 305, pp. 346-347.
- PINKERTON, E. [ed.] (1989): *Co-operative Management of Local Fisheries*. Vancouver: University of British Columbia Press.
- PITCHER, T.J.; KALIKOSKI, D.B.; SHORT, K.; VARKEY, D.; PRAMODA, G. (2008): “An Evaluation of Progress in Implementing Ecosystem-Based Management of Fisheries in 33 Countries”, *Marine Policy*, 33 (2), pp. 223-232.
- REYNOLDS, J.D.; DULVY, N.K.; GOODWIN, N.B.; HUTCHINGS, J.A. (2005): “Biology of Extinction Risk in Marine Fishes”, *Proceedings of the Royal Society B*, 272, pp. 2337-2344.
- RIVADENEIRA, M.M.; FERNÁNDEZ, M. (2005): “Shifts in Southern Endpoints of Distribution in Rocky Intertidal Species Along the South-Eastern Pacific Coast”, *Journal of Biogeography*, 32, pp. 203-209.
- ROSE, G.A. (2004): “Reconciling Overfishing and Climate Change with Stock Dynamics of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) Over 500 Years”, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61, pp. 1553-1557.
- ROSÓN, G.; CABANAS, J.M.; PÉREZ, F.F.; HERRERA CORTIJO, J.L.; RUIZ VILLARREAL, M.; CASTRO, C.G.; PIEDRACOBIA, S.; ÁLVAREZ SALGADO, X.A. (2009): “Evidencias do cambio climático na hidrografía e a dinámica das rías e da plataforma galega”, en V.P. Muñuzuri, M. Fernández Cañamero e J.L. Gómez Gesteira [coord.]: *Evidencias do cambio climático en Galicia*, pp. 287-302. Xunta de Galicia, Consellería do Medio e Desenvolvemento Sostible.
- ROYAL SOCIETY (2005): *Science News*. Royal Society. (<http://www.royalsoc.ac.uk/news.asp?id=3256>).
- RUIZ VILLARREAL, M.; ÁLVAREZ SALGADO, X.A.; CABANAS, J.M.; FERNÁNDEZ PÉREZ, F.; GÓNZÁLEZ CASTRO, C.; HERRERA CORTIJO, J.L.; PIEDRACOBIA VARELA, S.; ROSÓN PORTO, G. (2009): “Variabilidade climática e tendencias decadais nos forzamentos meteorolóxicos e as propiedades das augas adxacentes a Galicia”, en V.P. Muñuzuri, M. Fernández Cañamero e J.L. Gómez Gesteira [coord.]: *Evidencias do cambio climático en Galicia*, pp. 271-286. Xunta de Galicia, Consellería do Medio e Desenvolvemento Sostible.

- SAGARIN, R.D.; BARRY, J.P.; GILMAN, S.E.; BAXTER, C.H. (1999): "Climate-Related Change in an Intertidal Community Over Short and Long Time Scales", *Ecological Monographs*, 69, pp. 465-490.
- SHERMAN, L. (2006): "The Large Marine Ecosystem Network Approach to WSSD Targets", *Ocean and Coastal Management*, 49 (9-10), pp. 640-648.
- SIMKANIN, C.; POWER, A.M.; MYERS, A. (2005): "Using Historical Data to Detect Temporal Changes in the Abundances of Intertidal Species on Irish Shores", *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85, pp. 1329-1340.
- SOUTHWARD, A.J.; HAWKINS, S.J.; BURROWS, M.T. (1995): "Seventy Years' Observations of Change in Distribution and Abundance of Zooplankton and Intertidal Organisms in the Western English Channel in Relation to Rising Sea Temperature", *Journal of Thermal Biology*, 20, pp. 127-155.
- STENEVIK, E.K.; SUNDBY, S. (2007): "Impacts of Climate Change on Commercial Fish Stocks in Norwegian Waters", *Marine Policy*, 31, pp. 19-31.
- SUMAILA, U.R. (2007): "Challenges to Estimating the Benefits of Marine Protected Areas", *Symposium and Workshop of the Nampam*. Loreto (México).
- VARELA, M.; BODE, A.; GÓMEZ FIGUEIRAS, F.; HUETE ORTEGA, M.; MARAÑÓN, E. (2009): "Variabilidade e tendencias interanuais no fitoplancto mariño das costas de Galicia", en V.P. Muñizuri, M. Fernández Cañamero e J.L. Gómez Gesteira [coord.]: *Evidencias do cambio climático en Galicia*, pp. 327-340. Xunta de Galicia, Consellería do Medio e Desenvolvemento Sostible.
- VILLASANTE, S.; SUMAILA, S. (2010): "Estimating the Effects of Technological Efficiency on the European Fishing Fleet", *Marine Policy*, 34 (2), pp. 720-722.
- VITOUSEK, P.M.; MOONEY, H.A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J.M. (1997): "Human Domination of Earth's Ecosystems", *Science*, 277, pp. 494-499.
- WALKER, B.; HOLLING, C.S.; CARPENTER, S.R.; KINZIG, A. (2004): "Resilience, Adaptability and Transformability in Social-Ecological Systems", *Ecology And Society*, 9 (2), p. 5.
- WALTERS, C.J. (1986): *Adaptive Management of Renewable Resources*. New York: McGraw-Hill.
- WALTERS, C.J.; MARTELL, J.D. (2004): *Fisheries Ecology and Management*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- WANG, M.; OVERLAND, J.E.; BOND, N.A. (2009): "Climate Projections for Selected Large Marine Ecosystems", *Journal of Marine Systems* (no prelo).
- WINDER, M.; SCHINDLER, D.E. (2004): "Climate Change Uncouples Trophic Interactions in an Aquatic Ecosystem", *Ecology*, 85, pp. 2100-2106.
- WORLD BANK (2009): *The Sunken Billions: The Economic Justification for Fisheries Reform*. Washington, D.C.
- WORM, B.; BARBIER, E.B.; BEAUMONT, N.; DUFFY, J.E.; FOLKE, C.; HALPERN, B.S.; JACKSON, B.C.; LOTZE, H.K.; MICHELI, F.; PALUMBI, S.R.; SALA, E.; SELKOE, K.A.; STACHOWICZ, J.J.; WATSON, R. (2006): "Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services", *Science*, 314, pp. 787-790.
- ZACHERL, D.; GAINES, S.D.; LONHART, S. (2003): "The Limits to Biogeographical Distributions: Insights from the Northward Range Extension of the Marine Snail, *Kelletia kelletii* (Forbes, 1852)", *Journal of Biogeography*, 30, pp. 913-924.
- ZELLER, D.; PAULY, D. [ed.] (2007): "Reconstruction of Marine Fisheries Catches for Key Countries and Regions (1950-2005)", *Fisheries Centre Research Reports*, 15 (2).