

MEMÒRIES
DE LA
REIAL ACADÈMIA DE CIÈNCIES I ARTS
DE BARCELONA

TERCERA ÈPOCA NÚM. 1057

VOL. LXVII NÚM. 10

L'IMPACTE DEL CANVI CLIMÀTIC EN ELS MISTICETS

MEMÒRIA LLEGIDA PER L'ACADÈMIC ELECTE

doctor ÀLEX AGUILAR I VILA

A l'acte de la seva recepció el dia 21 de novembre de 2019

DISCURS DE RESPOSTA PER L'ACADÈMIC NUMERARI

Excm. Sr. doctor JACINT NADAL I PUIGDEFÀBREGAS

Publicada el mes de novembre de 2019

B A R C E L O N A

2 0 1 9

MEMÒRIES
DE LA
REIAL ACADÈMIA DE CIÈNCIES I ARTS
DE BARCELONA

TERCERA ÈPOCA NÚM. 1057

VOL. LXVII NÚM. 10

L'IMPACTE DEL CANVI CLIMÀTIC EN ELS MISTICETS

MEMÒRIA LLEGIDA PER L'ACADÈMIC ELECTE

doctor ÀLEX AGUILAR I VILA

A l'acte de la seva recepció el dia 21 de novembre de 2019

DISCURS DE RESPOSTA PER L'ACADÈMIC NUMERARI

Excm. Sr. doctor JACINT NADAL I PUIGDEFÀBREGAS

Publicada el mes de novembre de 2019

B A R C E L O N A

2 0 1 9

1a edició: octubre de 2019
Tiratge: 500 exemplars
DL: B-2020-59
ISSN: 2462-3334
Maquetació i impressió: 9.disseny s.l.

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del *copyright*, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment i suport, incloent-hi la reprografia i el tractament informàtic, la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec comercial, la inclusió total o parcial en bases de dades i la consulta a través de xarxa telemàtica o d'Internet. Les infraccions d'aquests drets estan sotmeses a les sancions establertes per les lleis.

L'IMPACTE DEL CANVI CLIMÀTIC EN ELS MISTICETS

MEMÒRIA LLEGIDA PER L'ACADÈMIC ELECTE

Dr. ÀLEX AGUILAR I VILA

A l'acte de la seva recepció el dia 21 de novembre de 2019

Excel·lentíssim Senyor President,
Excel·lentíssims Senyors i Senyores Acadèmics,
Senyores i senyors:

Abans de començar, no puc més que agrair als membres d'aquesta Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona la seva confiança en la feina per mi feta i que els ha portat a convidar-me a formar-ne part. És un honor poder presentar en aquest acte la memòria d'entrada. Vull tanmateix agrair de manera molt personal el mestratge del doctor Jacint Nadal, qui, a més d'haver-me dirigit la tesi doctoral ara fa més de trenta anys, avui ha accedit a fer el discurs de resposta.

Com deuen haver vist en el seu títol, la memòria que a continuació llegiré abordarà les conseqüències que el canvi climàtic pot tenir sobre les balenes o misticets. Aquest grup d'animals pertany a l'ordre zoològic dels cetacis, un dels tàxons d'éssers vius amb un nombre proporcionalment més elevat d'espècies catalogades com a amenaçades en la llista vermella de la Unió Internacional per a la Conservació de la Natura i els Recursos Naturals. Això és així a causa de l'acumulació d'impactes d'origen antropogènic que aquests animals han patit al llarg de la història i que inclou des de la captura directa per a obtenir-ne carn i olis fins a les interaccions negatives amb la pesca, els efectes de la pol·lució marina per plàstics i productes químics o la contaminació sònica produïda pel soroll de vaixells i prospeccions petrolíferes. En aquest quadre d'impactes antropogènics que sovint tenen un efecte additiu, quan no multiplicador, l'ombra del canvi climàtic plana com una amenaça que, tot i de difícil diagnòstic, es tem pugui conduir diverses poblacions o espècies a una situació límit.

INTRODUCCIÓ

El canvi climàtic és l'impacte d'abast més global que la humanitat ha causat fins ara en el planeta. Les evidències de l'existència del procés són ja inequívokes i mostren que la variació de temperatura que s'ha produït des de la dècada de 1950 no té precedents durant almenys els darrers 1.300 a 1.700 anys (Mann *et al.*, 2008). El Grup Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic (IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change*) estima en el seu darrer informe, fet públic el 2014, que la tendència mitjana d'escalfament durant el període 1880-2012 ha estat de 0,85 [0,65 a 1,06] °C i que els oceans han sigut el principal embornal d'energia. Es calcula que les enormes masses d'aigua marina han incorporat més del 90 % de l'energia acumulada entre 1971 i 2010, un escalfament que és més gran a prop de la superfície. Així, durant els darrers quaranta anys la temperatura de la capa de 75 metres d'aigua més superficial hauria augmentat una mitjana de 0,11 [0,09 a 0,13] °C per dècada (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018).

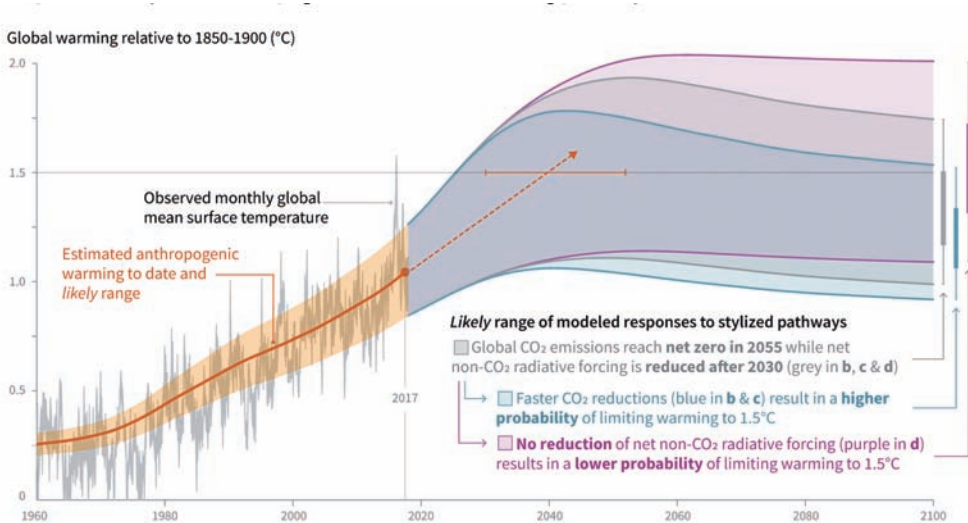


Fig 1. Temperatures globals observades fins al present i prediccions de l'evolució de la temperatura d'acord amb diferents escenaris d'emissions (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018).

A poc a poc s'ha anat veient que aquest canvi climàtic afectava de maneres molt diverses els sistemes vius i, atesa la progressió del procés, s'espera que els efectes s'intensifiquin i generalitzin en les properes dècades (Peñuelas i Filella, 2001; Root

et al., 2003). No obstant això, la innata capacitat d'adaptació dels éssers vius fa que sigui complex establir relacions clares de causa-efecte. Per una altra banda, com que la taxa d'increment de les temperatures excedeix en molt qualsevol altra fluctuació climàtica passada (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018), és difícil predir-ne l'impacte a partir de situacions anteriors. Els esforços per a avaluar la naturalesa d'aquest impacte s'han centrat a identificar els trets biològics que determinen la susceptibilitat de les espècies al canvi ambiental i a desenvolupar models ecosistèmics que permetin comprendre i predir les respostes a aquest canvi (International Whaling Commission, 2010).

Els estudis biogeogràfics generalment consideren que el clima és el principal factor que condiona la distribució de les espècies, i això ha portat a definir els denominats *espais climàtics* mitjançant anàlisis que correlacionen la distribució de les espècies amb la temperatura i altres variables ambientals. Prenent aquests espais climàtics com a element de referència, s'assumeix que les preferències ambientals actuals de les espècies romandran inalterades en un ambient en procés de canvi i que, amb base a aquesta premissa, el model permetrà projectar variacions i distribucions futures d'aquestes espècies en futurs escenaris climàtics. Tanmateix, la validesa d'aquests models ha sigut qüestionada com a excessivament simplista (Davis *et al.*, 1998; Pearson and Dawson, 2003).

De fet, les espècies poden respondre al canvi climàtic desplaçant el seu nínxol climàtic al llarg de tres eixos no exclusius: l'eix temporal (per exemple, modificant el cicle biològic per ajustar-lo a les noves condicions climàtiques), l'eix espacial (per exemple, traslladant-se a hàbitats més adequats) i l'eix individual (per exemple, adaptant la seva fisiologia a les noves condicions) (Bellard *et al.*, 2012). La migració combina els dos primers eixos perquè permet l'adaptació al canvi variant tant la seva fenologia com els rangs de distribució. Però els factors que afecten la distribució i la migració de les espècies interactuen de manera complexa i sovint resulta difícil establir relacions de causa-efecte que es correlacionin directament amb la temperatura (Walther *et al.*, 2002). Per exemple, si bé la majoria d'espècies d'aus de l'Europa occidental han reaccionat al canvi climàtic avançant el seu període reproductor, els efectes sobre les fases del cicle biològic posteriors a la reproducció i, en particular, durant la migració postreproductiva, són complexos i força heterogenis entre espècies, i depenen dels trets ecològics particulars de cadascuna d'elles. Així, aus que migren a distàncies curtes tendeixen a reduir i endarrerir la migració, mentre que les que migren a distàncies llargues sembla que segueixen la tendència oposada (Jenni i Kéry, 2003).

En aquest context, un element essencial per a desenvolupar i validar els models predictius i per a establir hipòtesis sobre l'abast de l'impacte del canvi climàtic és l'avaluació de variacions en els patrons de migració i distribució d'espècies indicadores que es consideren *a priori* sensibles. Els cetacis han estat proposats com a potencials

sentinelles del canvi climàtic perquè reuneixen un seguit de trets biològics que els fan particularment prometedors en aquest sentit: la seva distribució està estretament relacionada amb la temperatura de l'aigua superficial marina (Kaschner *et al.*, 2006), i són animals longeus i molt mòbils, cosa que permet estudiar en ells modificacions de comportament al llarg d'escala temporal i espacial grans (Moore, 2008).

Els models predictius suggereixen que els rangs de distribució de prop del 90 % de les espècies i poblacions de cetacis es podrien veure afectats pels canvis en la temperatura de l'aigua derivats del canvi climàtic global. En la meitat dels casos, aproximadament, el canvi tindria implicacions desfavorables per a la seva conservació (MacLeod, 2009). Tanmateix, les evidències fins ara disponibles sobre l'impacte del canvi climàtic en els cetacis provenen d'un reduït nombre d'espècies d'odontocets de l'Atlàntic nord-est que han estat particularment ben estudiats des de l'inici del segle xx (MacLeod *et al.*, 2005).

En general es dona per descomptat que les espècies de cetacis que resultarien més afectades serien aquelles que tenen distribucions geogràfiques restringides i que, per aquest motiu, tindrien poques o nul·les opcions de variar el seu rang de distribució en resposta al canvi (Learmonth *et al.*, 2006). Per contra, les espècies que tenen una gran capacitat de dispersió i ocupen grans àrees, com és el cas dels misticets o balenes, sembla que tenen una major resiliència davant les alteracions ambientals de gran escala (Pinsky, 2010). Aquests animals típicament migren grans distàncies per ocupar masses d'aigua de característiques molt diferents i s'ha especulat que podrien reaccionar al canvi climàtic d'una manera particularment àgil, simplement, adaptant la seva fenologia i ruta migratòria (Simmonds i Elliott, 2009). No obstant això, com a migradors de gran recorregut, les balenes també podrien ser especialment vulnerables a l'impacte del canvi, ja que, tant per la reproducció com pel sistema d'alimentació que tenen, depenen d'hàbitats amb característiques molt concretes en zones geogràficament molt allunyades i que es poden veure afectades pel clima de maneres diferents. El moment i l'abast de la migració es regeixen no només pel calendari reproductiu, sinó també per la temperatura de l'aigua i la disponibilitat d'aliment en el medi durant les primeres fases de la lactància, així com per les condicions d'abundància d'aliment amb què es trobaran al final de la migració. D'altra banda, la xarxa d'hàbitats que connecta els dos extrems del recorregut estacional hauria de ser ecològicament coherent per garantir l'èxit de la migració.

Aquests elements augmenten les possibilitats que la migració es pugui dur a terme amb un calendari inapropiat o que els individus que migren puguin patir impactes no desitjats en algun moment del cicle anual (Robinson *et al.*, 2009). A això, cal afegir-hi que l'alimentació de les balenes només és eficient quan la presa es troba en concentracions molt denses, característica que depèn de condicions oceàniques particulars. Per aquests motius es creu que les espècies que habiten àrees polars poden ser més afectades pel canvi climàtic, atès que l'abundància i distribució dels

crustacis planctònics de l'ordre dels eufausiacis (genèricament coneguts com a *krill*), el seu principal aliment, depèn en gran manera del gel marí i, per tant, del clima (Loeb *et al.*, 1997; Brierley *et al.*, 2002; Nicol *et al.*, 2008).

Tot això constitueix un escenari contradictori. Algunes característiques de les balenes semblen atorgar a aquests animals una gran capacitat adaptativa enfront del canvi climàtic, però altres trets biològics podrien fer-les molt susceptibles a aquest canvi. Malgrat que avanço que no hi ha una resposta clara envers aquesta qüestió, en aquesta presentació intentaré descriure què es coneix i quins són els interrogants que els investigadors intenten respondre per tal d'esvair l'aparent contradicció. Tanmateix, abans d'entrar en aquest tema, cal entendre què és una balena des d'una perspectiva evolutiva i quins són els seus condicionants ecològics.



Fig 2. La balena blava (*Balaenoptera musculus*) és el més gran dels cetacis i també un migrador de grans distàncies. Els seus desplaçaments estacionals abasten més de 7.000 quilòmetres (Bailey *et al.*, 2009). (Fotografia de l'autor.)

LA BALENA COM A CAMÍ EVOLUTIU

La característica més notable dels misticets és, sens dubte, la seva mida. Són els éssers vius més grans que han existit mai. La balena blava és el més gran de tots ells; pot assolir els 35 metres de llargada i les 150 tones de pes, és a dir, l'equivalent a trenta elefants africans o tres dels dinosaures més grans (Burness *et al.*, 2001).

Aquestes grans dimensions serien impossibles en el medi terrestre, ja que requerriria una ossamenta descomunal que conformaria una arquitectura corporal molt poc eficient i desproveïda d'agilitat. De fet, amb dimensions molt més petites que les usuals en una balena, la caixa toràctica o les extremitats d'un tetràpode es col·lapsarien a conseqüència del pes que haurien de suportar (Slijper, 1979). En el medi líquid aquesta restricció s'alleugereix i sí que hi és possible l'existència d'un organisme de cos de grans dimensions estructurat sobre un esquelet intern relativament lleuger, atès que la flotabilitat contraresta la força de la gravetat a la qual està sotmès el cos. Així veiem que els dinosaures de mida gran, com el brontosaure o el diplodoc, la massa dels quals ja superava el màxim terrestre, vivien quasi permanentment submergits.

Tanmateix, el fet que assolir dimensions enormes sigui possible en el medi aquàtic no explica quin és l'avantatge evolutiu del gegantisme en les balenes. Sovint s'atribueix la seva gran mida a la norma de Bergmann (1847) segons la qual els animals que ocupen latituds elevades tendeixen a ser més grans que els que ocupen latituds baixes, però s'oblida que aquest principi només es pot aplicar quan es comparen col·lectius dintre d'un mateix tàxon (Blackburn *et al.*, 1999).

Una part de la resposta es troba en el fet que, com la resta de mamífers, els cetacis són endotèrmics i homeotèrmics, i necessiten mantenir una temperatura corporal interna propera als 37 °C en un medi, l'aigua, que té una conductivitat tèrmica vint-i-cinc vegades superior a la de l'aire. Augmentar la mida corporal disminueix el quocient superfície/volum i d'aquesta manera es redueix la cessió de calor a l'exterior (Iverson i Koopman, 2017). Això justifica que la massa dels cetacis tingui un ordre de magnitud més gran que la de la majoria de mamífers terrestres. Tot i així, però, aquest fet continua sense acabar d'explicar l'enormitat de les balenes, ja que molts cetacis odontocets, com la marsopa (*Phocoena phocoena*), sobreviuen en ambients polars amb un cos que no supera el metre i mig de llargada i els 50 kg de pes (Bjørge i Tolley, 2009), és a dir, una massa corporal centenars de vegades inferior a la de la major part de misticets.

El cos de tots els cetacis emmagatzema una gran abundància de greix, que es distribueix entre uns grans dipòsits presents en la cavitat visceral i una capa de greix hipodèrmic que envolta la totalitat del cos. Aquest greix té diverses funcions: des de contribuir a donar forma hidrodinàmica a l'animal fins a aïllar-lo tèrmicament de l'exterior i proveir-lo d'una font de reserva energètica i hídrica (Iverson i Koopman, 2017). A conseqüència d'aquesta diversitat de funcions, quan es comparen membres

de diferents espècies de cetacis el greix corporal és el component més variable de la massa corporal (Pond, 1978), i aquesta variabilitat reflecteix els diferents règims energètics als quals cada espècie està sotmesa.

La disponibilitat d'abundants reserves de lípids confereix una major supervivència quan l'animal passa per períodes d'escassetat d'energia, és a dir, quan viu en entorns fortament estacionals (Lindstedt i Boyce, 1985). Ashmole (1963) va proposar que l'estacionalitat implicaria una elevada mortalitat i que això comportaria una menor competència intraespecífica i una major disponibilitat d'aliment *per capita*, el que en definitiva permetria assolir mides més grans. Però, sobretot, la raó de la selecció positiva per la grandària cal buscar-la en l'augment de la resistència al dejuni que atorga l'elevat volum de reserves adiposes en individus de grans dimensions (Lindsey 1966; Calder 1974). Així, en les balenes s'hauria seleccionat positivament una gran massa corporal, és a dir, una gran disponibilitat de reserves lipídiques, pel fet d'estar subjectes a variacions molt importants en la disponibilitat d'aliment que les força a experimentar llargs períodes de dejuni.

La raó d'aquesta elevada variabilitat en la disponibilitat de l'aliment rau en el particular sistema que tenen les balenes d'obtenir els nutrients. Les balenes són animals filtradors que capturen petits organismes planctònics mitjançant un aparell filtrador d'estructura singular, compost per nombroses làmines còrnies, anomenades *barbes*, que es disposen al maxil·lar superior. Pel seu marge intern, cadascuna d'aquestes barbes acaba en uns serrells que, quan l'animal expulsa l'aigua de l'interior de la seva boca, retenen els organismes. Aquest sistema de filtració permet obtenir d'una sola glopada grans quantitats d'aliment, que en la majoria d'espècies de balenes està compost de petits peixos pelàgics gregaris i per krill. Aquests recursos alimentaris són força abundants al mar, però en tots dos casos la seva captura comporta un cost energètic elevat, ja que els eixams estan dispersos en el medi, raó per la qual la balena ha de nedar distàncies considerables per a trobar-los, encerclar-los i capturar-los. Això fa que la filtració només sigui eficient quan l'abundància de preses és molt elevada (Goldbogen *et al.*, 2011). Si la densitat de preses és baixa o aquestes es troben disperses, el cost energètic de la cerca i captura de l'aliment no compensa la ingesta aconseguida, amb la qual cosa la balena opta per no invertir esforços en aquesta activitat, és a dir, dejuna.

Però això comporta dos problemes. D'una banda, l'abundància de krill és fortament estacional i la majoria de petits peixos pelàgics només formen agregacions durant el període de fresa, la qual cosa significa que les balenes només disposen d'aliment prou agregat en certs períodes de l'any i no en d'altres. De l'altra, les aigües més productives, on els eixams de crustacis i petits peixos pelàgics són prou grans i estan prou a prop dels uns dels altres, usualment són fredes i es troben a latituds elevades. Aquest darrer fet hagués pogut portar les balenes a restringir la seva distribució a aquestes regions, però aquesta opció no era possible ja que els nadons

no poden sobreviure en un medi fred atesa la seva limitada capacitat de termoregulació. Com que tenen una mida corporal reduïda, el seu quocient superfície/volum és molt elevat i cedeixen molta calor al medi; a més a més, la capa de greix aïllant que els envolta el cos és molt prima i està desproveïda de lípids ja que, pel fet de ser molt rics en energia, no són traspassats per la mare fins a la lactància, un cop la mare comprova que el descendent és plenament viable.

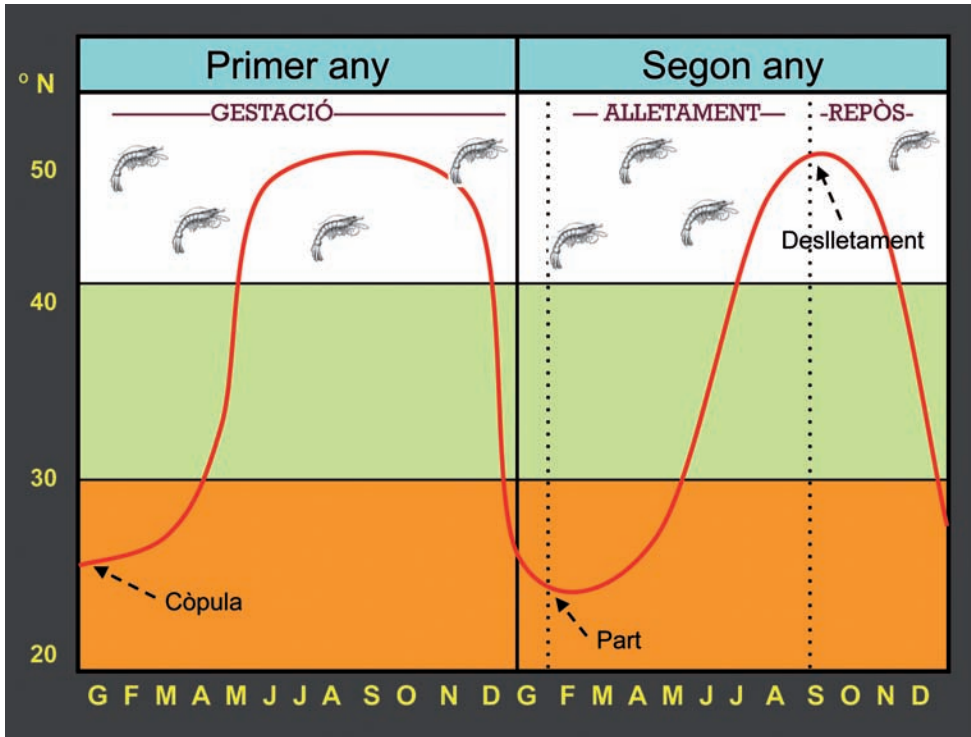


Fig 3. Cicle migratori típic d'un balenoptèrid en l'hemisferi nord, particularitzat pel cas de les femelles reproductores. En aquest col·lectiu, que de manera generalitzada mostra cicles reproductors de dos anys, la permanència en les àrees d'alimentació acostuma a ser més llarga en el primer any, quan la femella està gestant, que en el segon any, quan la femella nodreix la seva cria. (Gràfic d'elaboració pròpia.)

La combinació d'aquests condicionants força les balenes a tenir un comportament fortament migrador, que obliga a recórrer distàncies de molts milers de quilòmetres, i a estar subjectes a cicles estacionals extrems. Normalment, a l'hivern les balenes ocupen latituds baixes on la temperatura superficial de l'aigua és relativament tem-

perada i on es reproduïxen (Lockyer i Brown, 1981; Bailey *et al.*, 2009). En arribar la primavera, inicien un moviment migratori cap a latituds més elevades, i a l'estiu, assoleixen aigües altament productives, on mengen fins a engrèixar-se de manera extrema. Com a resultat d'això, entre l'inici i el final del període d'alimentació intensiva la seva massa corporal augmenta entre un 50 % i un 100 % (Lockyer i Brown, 1981).

Aquesta destacada estacionalitat en l'alimentació i, en conseqüència, en l'estrès energètic al qual estan sotmeses les balenes, es reflecteix no només en la seva massa corporal, sinó també en la composició dels seus teixits. Per exemple, en el rorqual comú (*Balaenoptera physalus*) els estrats interns del greix hipodèrmic, que són un dels principals reservoris d'energia corporal, presenten variacions considerables d'acord amb el moment del seu cicle reproductor. Durant l'estiu, en les femelles gestants aquest contingut lipídic es troba entre el 75 % i el 95 %, mentre que en les femelles lactants, que estan al final del cicle i per aquest motiu es troben energèticament exhaustes, varia entre el 25 % i el 60 % (Aguilar i Borrell, 1990). Òbviament, l'augment de la mida corporal i, paral·lelament, de les reserves d'energia que aquest increment comporta, és una resposta a la pressió evolutiva que significa aquest repte energètic.

Resumint, podem dir que una balena es diferencia de la resta de cetacis o d'altres mamífers marins en el fet que el seu sistema d'obtenció de l'aliment l'obliga a dur a terme llarguíssimes migracions i a suportar perllongats períodes de dejuni que alterna amb períodes d'alimentació intensiva. Aquest règim dona lloc a uns trets biològics molt restrictius. Típicament, la reproducció és estacional i bianual, i durant el primer semestre de vida del nadó la mare es veu sotmesa a unes condicions energèticament de molta demanda, ja que ha de romandre en dejú durant els darrers mesos de gestació, el part i els primers mesos de lactància, uns mesos en què, a més, ha d'iniciar la migració cap a les àrees d'alimentació. Són unes exigències a les quals les balenes només poden respondre acumulant enormes quantitats de reserves lipídiques que són, en definitiva, les que fan que el seu cos assoleixi dimensions gegantines. Això va acompanyat d'unes taxes reproductives baixes, ja que les gestacions només donen lloc a un descendent; i d'un alentiment de tots els processos biològics. La maduresa reproductiva no se sol assolir fins als deu o vint anys d'edat, i la seva longevitat s'apropa o supera amb escreix els cent anys, de manera que algunes espècies de balenes es troben entre els mamífers que viuen més anys (Lockyer, 1984; Keane *et al.*, 2015).

UNA MIGRACIÓ ADAPTABLE

Un cop coneguts els principals trets biològics de les balenes en relació amb el tema que es tracta, podem retornar a la pregunta inicial de com pot afectar el canvi climàtic uns animals d'aquestes característiques. El primer element que cal considerar és que, a diferència de molts altres grans migradors, les balenes es desplacen en un medi amb poques fronteres físiques i, per aquest motiu, no tenen restriccions aparents per alterar rutes o llocs de destinació. Així s'ha vist que succeeix amb diverses espècies de peixos. Per exemple, en el període comprès entre el 1908 i el 2005, dues tercers parts de les espècies de peixos del mar del Nord van desplaçar la seva distribució en latitud o fondària per adaptar-se a l'escalfament progressiu de les aigües (Perry *et al.*, 2005).

En principi, seria lògic que canvis d'aquest tipus també es produïssin en les balenes, de manera que els permetessin trobar nous hàbitats tèrmicament adients i, de fet, hi ha evidència que diverses espècies i poblacions han modificat en les darreres dècades el seu patró migratori. Potser el cas més clar i extrem ha estat el de la balena grisa (*Eschrichtius robustus*) de l'oceà Pacífic septentrional. La població d'aquestes balenes hiverna al sud, principalment al llarg de la costa oest de la península de Baixa Califòrnia, i a la primavera migra cap a les zones d'alimentació, situades al nord del mar de Bering i al sud del mar dels Chukchi (Swartz, 2017). Sembla que les balenes grises es van adaptar al canviant escenari produït per l'escalfament global per a cercar nous territoris i, en la primera dècada del segle XXI, la població va alterar el patró migratori. Va disminuir l'ús de la conca de Chirikov, que tradicionalment era la seva principal zona d'alimentació (Moore *et al.*, 2003), per a començar a explotar durant tot l'any les aigües que rodegen l'illa de Kodiak, a Alaska, que originalment era només un lloc de trànsit en la ruta migratòria. A més, va traslladar els seus principals llocs d'alimentació al mar de Txuktxis i va penetrar a les latituds més extremes del mar de Beaufort occidental durant l'hivern (Moore *et al.*, 2007; Stafford *et al.*, 2007). A banda d'aquest canvi en la distribució general de la població, la conseqüència més extrema d'aquest patró migratori alterat han estat els dos primers trànsits registrats de balenes grises del Pacífic nord a l'oceà Atlàntic. Com que l'escalfament global ha afectat de manera particularment severa la regió polar septentrional, el gel àrtic s'ha aprimat sensiblement i, a partir de la darrerria de la dècada del 2000, ha estat possible la navegació entre l'Atlàntic nord i el Pacífic nord a través del pas del Nord-oest, la via de comunicació tan llargament buscada pels antics exploradors. Aprofitant l'obertura del pas, l'estiu del 2010 un exemplar de balena grisa el va travessar, va descendir per l'Atlàntic en diagonal fins a penetrar al Mediterrani, i allà va ser vist primer a prop de les costes d'Israel i, tres setmanes més tard, just davant de Barcelona (Scheinin *et al.*, 2011). Dos anys més tard, es va descobrir que almenys un altre exemplar havia travessat a l'Atlàntic; aquest cop es va observar davant les costes de Namíbia, una localitat situada encara més lluny del

rang normal de la seva població d'origen, ja que es troba no només en un altre oceà, sinó també en l'altre hemisferi (Elwen i Gridley, 2013).

Una altra evidència de plasticitat de les poblacions de misticets davant variacions ambientals la trobem en l'evolució de les captures dels antics baleners. Durant els segles XVIII i XIX es van produir unes divuit mil expedicions de pesca que van recórrer tots els oceans en busca de balenes (Lund, 2001; Jones *et al.*, 2018). En aquestes expedicions, els patrons dels vaixells mantenien un quadern de bitàcola (en anglès, *logbook*) en el qual enregistraven diàriament les incidències del viatge incloent-hi la posició geogràfica en què es trobaven, els albiraments de balenes que feien i diversos detalls de les captures, com, per exemple, quin arponer havia arponat la balena, o quina havia estat la producció d'oli de cada balena pescada. Tenint en compte aquesta informació, els mariners rebien la seva remuneració en finalitzar el viatge. Com que la durada d'aquestes expedicions era molt llarga i sovint es produïen incidències que comportaven l'abandonament a mig trajecte per part d'algun dels mariners, o fins i tot la seva mort, els quaderns es preservaven curosament per tal d'atendre reclamacions tardanes d'expedicionaris que arribaven a port temps després del retorn del vaixell, o de vídues o d'orfes (Sherman, 1965). Això va fer que prop d'uns sis mil d'aquests quaderns s'hagin conservat i ara ofereixin als investigadors una visió extraordinària i, en alguns aspectes detallada, de com eren els oceans en aquelles èpoques. Aquesta font d'informació ha estat explotada per investigar variacions en els desplaçaments migratoris de les balenes.

A començaments del segle XIX es va produir el que es coneix com a *mínim de Dalton*, una de les anomalies climàtiques més marcades del darrer mil·lenni (Fernández-Donado *et al.*, 2013). Aquest mínim, que es va estendre entre el 1790 i el 1830, amb un efecte molt marcat del 1816 al 1825, va ser un període amb irradiància solar reduïda i nombroses erupcions volcàniques. La més significativa d'aquestes darreres va ser la del volcà indonèsí Tambora, el 1815, que es considera la més potent dels darrers 1.500 anys, i que va projectar enormes quantitats de cendres a l'estratosfera, creant així un efecte pantalla que va reduir encara més la irradiació solar que arribava a la biosfera. Durant el moment de màxima intensitat del mínim de Dalton, les temperatures mitjanes del planeta van disminuir entre 0,15 i 0,75 °C en relació amb la mitjana dels períodes immediatament previs i posteriors (Wagner, 2004; Wagner i Zorita, 2005), de manera que es produí una anomalia climàtica d'un impacte molt considerable.

Durant aquella època, les aigües de l'Atlàntic sud eren un dels caladors preferits dels baleners, que davant de les costes de l'Amèrica del Sud anaven a cercar la balena franca austral (*Eubalaena australis*), una espècie molt preuada pel seu oli i les seves barbes, que eren de gran longitud i ferma (Smith *et al.*, 2012). La pervivència de quaderns de bitàcola d'un bon nombre de les expedicions d'aquests baleners ha permès recopilar les posicions on es trobaven les balenes en els diferents períodes

i, d'aquesta manera, examinar si la seva distribució i patró migratori va variar durant els anys més freds del període de Dalton (1816-1825) en comparació amb els períodes immediatament anteriors (1776-1815) i posteriors (1826-1913). El resultat d'aquest exercici permet veure que, encara que la velocitat de migració es va mantenir pràcticament idèntica, durant el període de Dalton es van produir canvis en la temporalitat i destinació de la migració: la zona d'hivernada va estar situada més a prop de l'equador i les balenes van romandre en les latituds més càlides durant més temps del que era habitual. Per contra, l'estada estival dedicada a l'alimentació en latituds més extremes es va escurçar significativament, tot i que la latitud visitada per les balenes es va mantenir geogràficament estable.

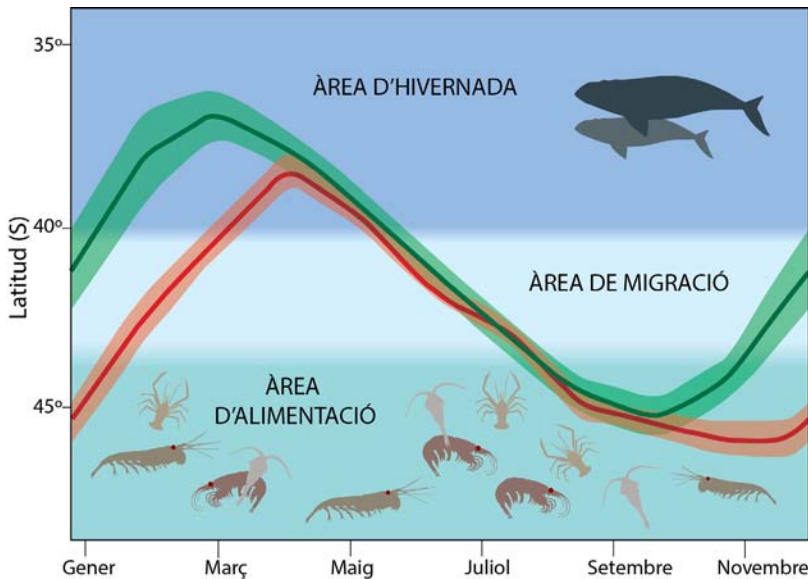


Fig 4. Migració de la balena franca austral a l'oceà Atlàntic sud, mostrada per les posicions mitjanes mensuals dels albiraments durant el període afectat per l'anomalia de Dalton (1816-1825) i els períodes anteriors (1776-1815) i posteriors (1816-1923). (FONT: Elaboració pròpia. Gràfic realitzat per Albert Martínez.)

Això demostra, sens dubte, la capacitat d'adaptació per part de la balena franca austral, en la mateixa línia del que s'ha observat en la balena grisa de l'oceà Pacífic nord. En principi podríem suposar que aquesta capacitat de variar el rang de distribució facilitaria l'adaptació excepte en aquells casos en què això no és una alternativa possible. A l'hemisferi sud, diverses poblacions de balenes fonamenten la seva alimentació en el krill antàrtic, majoritàriament compost per una única es-

pècie d'eufausiaci, l'*Euphausia superba*. Les larves d'aquest organisme es desenvolupen sota el gel antàrtic durant l'hivern i en arribar la primavera emergeixen i es dispersen ja transformats en juvenils (Nicol, 2006). A conseqüència d'aquest patró de vida, *E. superba* té una distribució circumpolar al voltant del continent antàrtic i la seva abundància depèn directament de la superfície d'oceà ocupada pel gel i, per extensió, de la temperatura superficial del mar (Arrigo i Thomas, 2004; Atkinson *et al.*, 2008). Per aquest motiu, la capacitat reproductiva de moltes espècies migradores de l'hemisferi sud que mengen aquests organismes, entre les quals la balena franca austral, ha estat correlacionada negativament amb la temperatura superficial de l'oceà antàrtic a la tardor de l'any anterior (Leaper *et al.*, 2006). Considerant això, resulta lògic témer que l'escalfament del planeta comporti conseqüències negatives per a les espècies i poblacions dependents d'aquest recurs alimentari.

Podrien tenir una limitació encara més severa algunes espècies de distribució restringida a les regions polars, una característica que en altres grups d'organismes ha comportat diverses extincions associades al canvi climàtic (Parmesan *et al.*, 2006). L'exemple més clar seria la balena polar o de Groenlàndia (*Balaena mysticetus*), un animal que viu permanentment en les aigües polars de l'hemisferi nord. És dels pocs misticets que no realitza migracions latitudinals i roman tot l'any en les latituds més extremes. La seva biologia està estretament lligada al gel àrtic i, a més, la seva anatomia no permetria un increment de temperatura de l'aigua, ja que té una hipoderma d'uns 50 cm de gruix (Lowry, 1993) que impediria la termoregulació corporal a temperatures superiors a les polars. Molt probablement, aquesta espècie no tindrà marge de maniobra en un escenari d'escalfament i de consegüent reducció del gel àrtic.

Però, deixant de banda les limitacions de les espècies o poblacions estretament relacionades amb els gels polars, cal recordar que els moviments migratoris de totes les balenes són conseqüència de la forta dependència d'aquests animals per alimentar-se en hàbitats on la densitat de les preses és prou gran per a justificar energèticament el cost del filtratge, i que aquesta activitat comporta un esforç muscular molt considerable. Això, probablement, explica que s'hagi observat en diverses espècies l'existència d'ajustos poblacionals molt importants a conseqüència de canvis en la productivitat de l'ecosistema. Per exemple, l'èxit reproductiu tant de les balenes franques de l'Atlàntic nord (*Eubalaena glacialis*) com de les balenes franques australs està fortament relacionat amb les anomalies de la temperatura de la superfície del mar (SST) en les zones d'alimentació o, en la darrera espècie, amb les fluctuacions climàtiques causades pel fenomen d'El Niño (Greene *et al.*, 2003; Leaper *et al.*, 2006).

Això ens porta a preguntar-nos quin cost afegit pot comportar l'adaptació al canvi climàtic i, en concret, quina repercussió poden tenir uns canvis significatius en la localització geogràfica de les zones de destinació de les migracions. Per exemple, en el cas dels peixos del mar del Nord abans esmentat (Perry *et al.*, 2005), s'ha vist que el canvi en la zona de distribució ha comportat uns cicles de vida més ràpids i una

reducció en les mides corporals que molt probablement disminueixen la dimensió de la posta. De manera molt general, un increment de temperatura en el mar acostuma a anar acompanyat d'un descens de la productivitat i, en qualsevol dels casos, és lògic esperar que canvis en les rutes o en les destinacions migratòries comportin dificultats per trobar aliment. En les espècies de vida llarga, una disminució en la disponibilitat d'aliment va sempre associada amb una disminució paral·lela en les taxes de reproducció. Així, veiem que les anomalies positives en la temperatura superficial del mar associades als fenòmens d'El Niño i La Niña han estat correlacionades amb disminucions en la taxa reproductiva d'aus i pinnípedes (Würsig *et al.*, 2002; Forcada *et al.*, 2005), i s'ha vist que les femelles de catxalot (*Physeter macrocephalus*) tenen taxes de concepció més baixes després de períodes durant els quals la temperatura superficial del mar ha sigut inusualment alta (Whitehead, 1997). Tanmateix, els efectes d'aquests canvis poden ocórrer a molt llarg termini i afectar no només la demografia de les poblacions, sinó també el seu bagatge genètic, com s'ha vist en alguns pinnípedes antàrtics (Forcada i Hoffman, 2014).

No sabem si, en modificar la pauta migratòria, les poblacions de balenes abans esmentades van ser capaces de trobar un hàbitat igualment adequat per a alimentar-se, si la disminució del seu temps de permanència en les àrees d'alimentació intensiva va comportar conseqüències en la seva condició nutritiva, la seva taxa de reproducció o bagatge genètic i, en definitiva, si la suma d'aquests canvis va fer que la capacitat de manteniment de les poblacions romangués a llarg termini en els nivells adequats. Són incògnites que probablement sempre quedaran obertes, tot i que sembla evident que en ecosistemes en els quals els predadors no tenen l'opció de recórrer a preses alternatives, com succeeix amb les balenes antàrtiques que fonamenten la seva dieta quasi exclusivament en el krill, una disminució en la presa principal inevitablement desembocarà en caigudes en l'abundància demogràfica (Trathan *et al.*, 2007).

L'ESTRUCTURACIÓ EN POBLACIONS

Tanmateix, la situació pot ser més complexa del que s'ha comentat fins aquí, ja que, al mateix temps que s'ha vist que algunes poblacions de balenes mostren flexibilitat en els seus patrons migratoris i de distribució, d'altres mostren comportaments més complexos, amb poblacions que tenen uns hàbits molt arrelats i una extrema fidelitat per certes àrees de reproducció o alimentació, tot això, acompanyat d'una forta estructuració demogràfica. Aquests trets podrien fer minvar la seva plasticitat ecològica i obstaculitzar la seva adaptació al canvi, en particular, si la velocitat d'aquest canvi és ràpida.

La llarga història de la pesca balenera, un dels episodis més intensos d'explotació d'un recurs viu en la història de la humanitat, ens dona pistes en aquest sentit. Tan sols durant el segle xx es van capturar arreu del món quasi tres milions de balenes i catxalots, la qual cosa va representar una extracció de biomassa dels oceans d'uns 120 milions de tones (Rocha *et al.*, 2014). Atesa la baixa productivitat demogràfica dels cetacis (un sol descendent cada dos o tres anys), aquesta pressió d'explotació va ser excessiva i va portar la major part d'espècies i poblacions a una situació crítica, si no a la seva extinció. A conseqüència d'aquesta situació, a partir de la segona meitat del segle xx la Comissió Balenera Internacional (CBI), organització encarregada de gestionar mundialment els recursos baleners, va decretar la progressiva protecció de les poblacions i espècies més fortament delmades i, el 1985, el cessament total de l'activitat comercial.

Després de dècades de protecció, la trajectòria de les diferents poblacions ha estat molt heterogènia. Algunes van ser irremeiablement exterminades, d'altres estan en un procés lent d'increment demogràfic, mentre que unes altres han augmentat els seus efectius fins a assolir avui nivells que es consideren pròxims als que hi havia prèviament a l'explotació. Els escenaris de recuperació o repoblació poden ser molt variables. Si una població es reduïda de manera moderada, la resiliència demogràfica fa que els simples mecanismes de densodependència promoguin la recuperació d'efectius. Per contra, si la població és subjecta a una explotació que supera la seva capacitat de compensar les pèrdues demogràfiques, poden donar-se dues situacions: o bé la depleció local és compensada per la redistribució de contingents que habiten regions veïnes, o bé, si la població local resulta totalment extirpada, el repoblament es pot produir per la vinguda d'immigrants provinents de poblacions properes que colonitzen l'hàbitat que ha quedat disponible.

Algunes poblacions de balenes han protagonitzat casos notables de recuperació. És el cas, per exemple, de la balena grisa de l'oceà Pacífic nord-oriental, la balena franca austral de l'Atlàntic i l'Índic sud, o nombroses poblacions de balenes geperudes (*Megaptera novaeangliae*) de diversos oceans que, després d'haver patit nombrosíssimes captures, s'han recuperat a taxes que se situen típicament entre el 4 % i el 10 % d'increment

poblacional per any (Reilly, 1992; Best, 1993). Però, al mateix temps, certes poblacions han mostrat un comportament peculiar: o no s'han recuperat mai, o, després d'un inici de recuperació ràpid, les seves poblacions s'han estabilitzat donant símptomes d'haver arribat a un sostre que, sorprenentment, es trobava molt per sota de l'abundància de la qual gaudien prèviament a l'explotació. En alguns d'aquests casos, les poblacions modernes mostren una distribució fragmentada en comparació de la seva àrea d'ocupació original. En els primers estadis de recuperació, això podria respondre a un simple mecanisme de reagrupament per facilitar el manteniment d'una densitat òptima i d'aquesta manera contrarestar la reducció demogràfica, però, quan amb el pas dels temps els efectius es reforcen, algunes de les àrees inicialment abandonades no han estat mai recuperades (Clapham *et al.*, 2008; Valenzuela *et al.*, 2009). Aquest fenomen resulta desconcertant en animals tan mòbils com són les balenes, que, com hem vist, realitzen migracions que freqüentment superen els quatre o cinc mil quilòmetres.

Un bon exemple de comportament demogràfic d'aquest tipus és el del rorqual comú de l'Atlàntic nord, un cetaci que en aquest oceà ocupa les aigües compreses entre els 80 °N (arxipèlag de Svalbard) fins gairebé l'Equador (al sud de les illes de Cap Verd), incloent-hi els mars Mediterrani i Bàltic (Aguilar i García-Vernet, 2017). Com la majoria de misticets, duu a terme migracions estacionals entre zones d'elevada productivitat situades en latituds altes, que ocupa a l'estiu, i zones menys productives situades a latituds més baixes, que ocupa a l'hivern i on es reproduïx (Aguilar i García-Vernet, 2017).



Fig 5. Tot i que el rorqual comú és un dels cetacis més abundants a l'Atlàntic nord i és capaç de realitzar llargs desplaçaments, el poblament en aquest oceà està fortament estructurat. (Fotografia de l'autor.)

A l'Atlàntic nord és un dels misticets més abundants i es creu que originalment la seva població va abastar més de 70.000 individus (International Whaling Commission, 2009). La seva gran mida i la seva elevada abundància en aquest oceà el va convertir en un dels principals objectius de les operacions baleneres modernes (Rocha *et al.*, 2014). L'explotació a gran escala va començar a la fi del segle XIX i es va concentrar a Noruega, Islàndia, les illes Fèroe, Irlanda, Escòcia, Terranova i la península Ibèrica (International Whaling Commission, 1992). Durant les primeres dècades, la intensitat de l'explotació va ser extrema i la mida de les subpoblacions es va reduir dràsticament en períodes de temps molt curts (Jonsgård, 1966; Tønnessen i Johnsen, 1982). Les xifres de pesca es van moderar en la dècada de 1940, però van augmentar novament a Espanya i Islàndia durant la dècada de 1970 fins que la moratòria en la caça comercial de balenes establerta per la Comissió Balenera Internacional va entrar en vigor el 1985 (Sanpera i Aguilar, 1992). Posteriorment, l'explotació ha prosseguit només a Groenlàndia i Islàndia, i en tots dos llocs les xifres de captura han estat molt reduïdes en comparació amb les històriques (International Whaling Commission, 2009).

La recuperació demogràfica que va seguir a la disminució en la pressió d'explotació ha permès que la població nord-atlànica augmentés fins a uns 80.000 exemplars, un nivell d'abundància que és possible que s'acosti al del poblament original (Cooke, 2018). No obstant això, la recuperació ha estat espacialment heterogènia, el que s'ha atribuït a una estructuració demogràfica en subunitats. De fet, aquesta estructuració es va percebre ja des de l'inici mateix de l'explotació, ja que els baleners van observar que les trajectòries que seguien els nuclis de balenes que ocupaven aigües relativament properes eren molt dissimilars, és a dir, quan un minvava en abundància per causa de l'explotació els nuclis veïns no ho feien de manera paral·lela (Jonsgård, 1966; Sergeant, 1977).

Amb el pas dels anys, els estudis científics no han fet si no confirmar aquella primera impressió i, basant-se en els resultats del marcatge (Gunnlaugsson i Sigurjonsson, 1989), els perfils genètics (Pampoulie i Daniëlsdóttir, 2013), la morfologia interna i externa (Lockyer, 1982; Jover, 1992; Víkingsson, 1992), els nivells de contaminants (Sanpera *et al.*, 1993 i 1996), els isòtops estables (Vighi *et al.*, 2016) i altres fonts de dades miscel·lànies (Víkingsson i Gunnlaugsson, 2005), la gestió de l'espècie es duu a terme considerant l'existència d'almenys set estocs o unitats de gestió independents (International Whaling Commission, 2009). A aquests set estocs caldria afegir el nucli de rorquals comuns de la mar Mediterrània (Cooke, 2018), que es concentra principalment en els sectors septentrional i oriental del Mediterrani occidental (Notarbartolo di Sciara *et al.*, 2003; Panigada *et al.*, 2017) i sembla mantenir un flux gènic reduït amb els seus congèneres atlàntics, motiu pel qual presenta nivells significatius de divergència i heterogeneïtat respecte a la població atlàntica en el seu ADN mitocondrial (Bérubé *et al.*, 1998, Palsbøll *et al.*, 2004), així com diferències en les

vocalitzacions que emet (Castellote *et al.*, 2012 i 2014) i els perfils d'isòtops estables presents en els seus teixits (Giménez *et al.*, 2013; Das *et al.*, 2017).

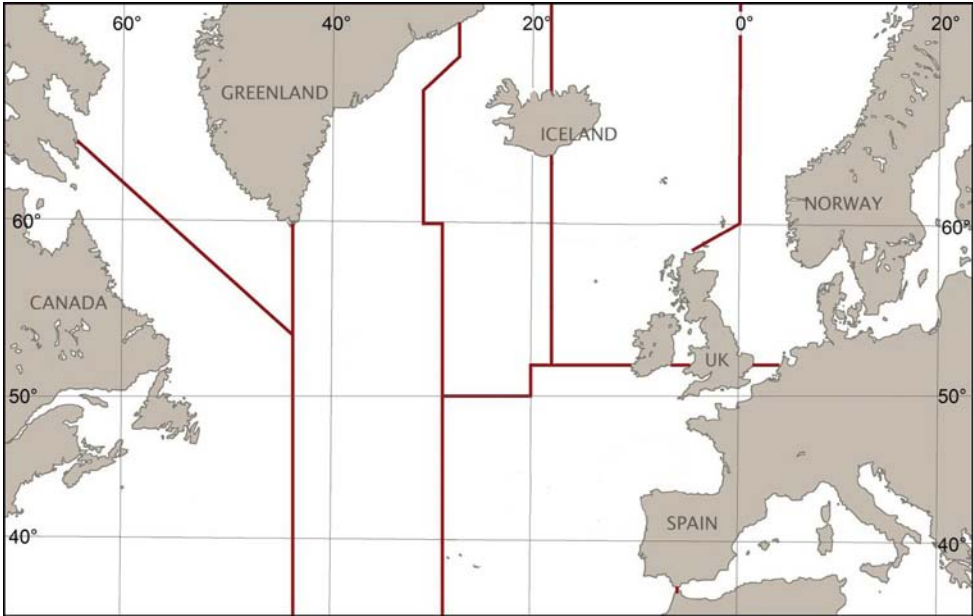


Fig 6. Estocs o unitats de gestió de la població nord-atlànica de rorqual comú (International Whaling Commission, 2017).

Aquesta fragmentació en unitats independents podria ser el resultat d'un ecosistema que presentés una gran heterogeneïtat espacial que afavorís que les balenes adoptessin una distribució en taques, però, a banda que els estudis oceanogràfics no demostrin aquesta heterogeneïtat ambiental (Schmitz i McCartney, 1993), el que resulta més sorprenent és que en aquests mars el rorqual comú realitza moviments sovint erràtics que porten una part dels individus a travessar les fronteres que separen diferents estocs sense que aparentment es relacionin amb els coespecífics que formen l'estoc local. Així, exemplars de l'estoc ibèric marcats a la primavera amb emissors satel·litaris a les illes Açores es van dirigir cap al nord-est fins a arribar a les aigües properes a Groenlàndia (Silva *et al.*, 2013), travessant d'aquesta manera la zona ocupada per l'estoc de l'oest d'Islàndia i penetrant en el de Groenlàndia. Un recorregut similar el va fer un exemplar marcat també a les illes Açores a principis de setembre (Silva *et al.*, 2013), però en aquest cas el comportament encara sobta més ja que, d'acord amb el model comunament acceptat de migracions estacionals latitudinals, a la tardor aquest individu s'hauria d'haver desplaçat cap al sud i no cap al nord.

A aquests moviments transfronterers i potser erràtics s'hi afegeix el fet que, quan es duen a terme, els exemplars freqüentment penetren en àrees que han quedat despoblades per causa de processos d'explotació intensos sense detenir-s'hi ni recolonitzar-les. Això és així tot i que aquestes àrees d'ocupació original, ara despoblades, havien ofert en el passat un hàbitat adequat i res no fa pensar que les condicions, ja sigui oceanogràfiques o de disponibilitat d'aliment, hagin canviat amb el temps.

Un exemple palès el tenim en la freqüentació actual de l'espècie a la regió sud de la península Ibèrica, una zona que durant el període 1921-1926 va ser l'escenari d'un dels episodis més intensos de pesca balenera de l'època moderna (Sanpera i Aguilar, 1992; Aguilar, 2013). A l'inici de l'explotació, la densitat més elevada de rorquals es trobava a l'estret de Gibraltar, una zona on la pesca va ser excepcional: es realitzava a una distància de tan sols dos o tres milles de la costa i l'abundància de balenes era tan gran que el 1923 es va batre un rècord mundial en el nombre d'exemplars caçats per balener, que al llarg de la història tan sols ha estat superat a l'Antàrtida durant la campanya de 1931-1932 (Aguilar, 2013; Aguilar i Sandberg, 2014). Quan Ascensi Codina i Ferrer, biòleg del Museu de Ciències Naturals de Barcelona, va visitar la zona l'abril del 1921 va anotar que en una sola tarda es podien albirar des de terra fins a vint-i-dues balenes (Codina, 1921), i els registres baleners mostren que els bucs caçadors no trigaven més de tres o quatre hores a tornar a port amb una peça capturada, el que novament confirmava la proximitat dels animals a la costa (Willoughby, 1921; Tønnessen i Johnsen, 1959-1970). Els rorquals comuns hi eren presents tot l'any i tenien l'estómac ple de krill, aspectes que indiquen que l'hàbitat era tan excepcionalment productiu que per a ells l'estret de Gibraltar era alhora una zona d'alimentació i de reproducció, una situació que és gairebé única arreu del món. A més, en la mateixa zona també es trobaven, encara que no amb tanta abundància, balenes blaves i rorquals boreals (*Balaenoptera borealis*), espècies que tenen una dieta semblant a la del rorqual comú. Això encara reforça més la bondat de la regió pel que fa a la producció d'aliment per a aquests animals.

En menys de sis anys d'operacions al calador de l'estret de Gibraltar es van capturar 4.918 balenes, de les quals 4.540 van ser rorquals comuns (Aguilar, 2013). L'any 1925, quan la pesquera estava en el seu punt àlgid, els experts noruecs van avisar que si es prosseguia amb aquella pressió d'explotació la població seria erradicada (Tønnessen i Johnsen, 1959-1970). Però no es va fer res per aturar el procés i la població de balenes es va desplomar, obligant al tancament de les operacions. En la dècada següent es va produir un tímid intent de revifar l'activitat, però l'aventura va acabar en un fracàs: només es van caçar 69 rorquals comuns. No va ser fins l'any 1947, vint anys després d'haver finalitzat la primera fase d'explotació, que efectivament es van reprendre les activitats baleneres a la regió. Aquestes van durar fins l'any 1958, però mai no van ser capaces d'assolir les xifres de captura dels anys 1920. En onze anys només es van aconseguir capturar 443 rorquals comuns i les operacions van

haver de centrar-se en el catxalot i el rorqual boreal, dues espècies que anteriorment havien estat poc explotades atès que produïen un benefici econòmic molt inferior. Allò va descoratjar posteriors intents i la pesca balenera a l'Estret va ser abandonada definitivament (Aguilar, 2013).

Paral·lelament, una altra població de rorquals comuns va ser explotada des de factories portugueses situades a Setúbal i de factories espanyoles situades a Galícia. Es creu que ambdós grups de factories compartien el mateix estoc perquè les explotacions portugueses tenien màxims de captures a la primavera i la tardor, mentre que les de Galícia començaven precisament a la primavera, presentaven un màxim a l'estiu i disminuïen a la tardor; es mostrava així una complementarietat que s'ajustava bé a un desplaçament latitudinal de la població d'acord amb l'estació (Sanpera i Aguilar, 1992). A més, els pescadors d'albacora (*Thunnus alalunga*), una espècie que realitza migracions estacionals des del mar dels Sargassos fins al golf de Biscaia (Arrizabalaga *et al.*, 2002; Sagarminaga i Arrizabalaga, 2010) i que, igual que les balenes, depreda freqüentment sobre el krill (Goñi *et al.*, 2011), segueixen els bancs d'aquest peix des de l'inici de la primavera al sud-oest de Portugal fins que aquest arriba a principis d'estiu a Galícia, i consignen fer el viatge tot el temps acompanyats de balenes, la qual cosa dona suport a l'existència d'un corrent migratori que uneix les dues zones.



FIG 7. Rorqual comú capturat els anys 1980 a les aigües de Galícia.
(Fotografia de l'autor.)

Tant a Galícia com a Portugal es van donar processos d'explotació paral·lels, amb xifres de captura de rorquals comuns molt elevades. A Portugal es van capturar 669 exemplars durant el període 1925-1927 i 390 durant 1944-1951, mentre que a Galícia es van capturar 1.671 exemplars en el període 1924-1927 i 5.140 durant 1951-1985 (Aguilar, 2013). Tanmateix, tot i la proximitat d'aquestes dues explotacions amb les de l'Estret, ja que les factories de Setúbal es troben només a uns 300 quilòmetres del calador de l'Estret, la trajectòria de les poblacions explotades va ser molt diferent. Ja hem vist que a la regió de l'Estret la població de rorqual comú es va desplomar amb les captures del anys 1920 i després mai no es va recuperar, però, per contra, a Galícia la població va resistir bé l'explotació. De fet, en aquesta zona la captura per unitat d'esforç de pesca va anar augmentant progressivament durant les dècades de 1960 i 1970, la qual cosa indica que la població s'anava recuperant progressivament de les nombroses baixes patides en el primer període, i l'activitat es va mantenir a bon ritme fins l'any 1985, quan es va interrompre, no per falta de balenes, sinó a conseqüència de la promulgació de la moratòria mundial en la pesca comercial de balenes feta per la Comissió Balenera Internacional (Aguilar, 2013). En produir-se el tancament de la pesquera, es va estimar que la població estava composta per uns 17.000 exemplars, una xifra que es creu que representa el 70 % de l'abundància que hi havia originalment (Buckland *et al.*, 1992).

Per una altra banda, cal assenyalar que la població de rorquals comuns del mar Mediterrani, que ha estat estimada en més de 3.500 exemplars (Forcada *et al.*, 1996), va romandre aïllada d'aquests processos d'explotació. Els bucs-factoria mai no van penetrar en aquest mar i, tot i que les factories baleneres terrestres van estar ubicades a Algesires i Ceuta, és a dir, en el bell mig de l'estret de Gibraltar, l'àrea de captura de les dues operacions es va situar sempre a la banda atlàntica (Bolognari, 1951; Sanpera i Aguilar, 1992; Vargas, 2005; Aguilar, 2013).

Així, veiem que els contingents de rorqual comú que en els anys 1920 habitaven l'estret de Gibraltar mai no es van recuperar tot i la gens menyspreable mida de les poblacions veïnes del Mediterrani i de les costes atlàntiques de la península Ibèrica. Quasi un segle després de l'explotació, les aigües de l'Estret romanen encara virtualment despoblades a pesar que aquest és un hàbitat que en el passat havia mantingut una elevadíssima densitat de l'espècie. La freqüència d'avaraments de rorquals comuns a la zona és avui molt baixa (Ocaña i Pérez-Rivera, 2011; Ocaña *et al.*, 2013, 2015 i 2017; Gutiérrez-Expósito *et al.*, 2012; Fernández-Maldonado, 2015; Masski i Stéphanis, 2015) i la seva freqüència d'albirament és només del 2 % la del catxalot (Stéphanis *et al.*, 2008), quan abans de l'explotació la primera espècie era molt més abundant que la segona (Aguilar i Borrell, 2007).

Certament, la intensitat de l'explotació del rorqual comú a l'Estret va ser més elevada que a Galícia, la costa de Portugal o, per descomptat, el Mediterrani, on mai no es va explotar l'espècie (Aguilar, 2013). Això pot explicar que a l'Estret la

població local es va reduir fins a uns mínims demogràfics dels quals ja mai no va ser capaç de recuperar-se, mentre que en les altres zones el romanent de supervivents va ser prou gran per a permetre la reconstrucció de la població. La possible fidelitat dels individus i la seva descendència per determinats indrets explicaria per què les productives aigües de l'Estret romanen encara avui fora de l'àmbit d'ocupació de l'espècie tot i constituir un hàbitat òptim per a ella. Però la situació no és tan simple.

Els baleners dels anys 1920 ja van consignar un flux important de rorquals comuns de l'Atlàntic cap al Mediterrani a la primavera, i un altre flux, aquest cop en sentit invers, a la tardor (Tønnessen i Johnsen, 1959-1970). Els primers estudis de l'espècie a la regió, tot i que amb tècniques encara rudimentàries, van donar un resultat coincident (Notarbartolo di Sciarra *et al.*, 2003). Per exemple, Jonsgård (1966) va investigar en rorquals comuns capturats a diferents regions de l'Atlàntic nord l'índex de iode de l'oli, que és una mesura del grau d'insaturació dels glicèrids, i va veure que els valors dels exemplars de l'estret de Gibraltar (mitjana de 135) eren molt més alts que els trobats en altres regions (mitjanes entre 106 i 126), fet que ell va entendre que era una indicació que els primers constituïen un estoc separat de la resta.

Observacions visuals sistematitzades realitzades en èpoques recents han confirmat aquestes primeres sospites, i han demostrat que l'estret de Gibraltar és, de fet, una zona de trànsit per a exemplars provinents de l'Atlàntic que, a finals de la tardor i durant l'hivern, penetren al Mediterrani i que, a la primavera, travessen de nou l'Estret en sentit contrari per anar a passar l'estiu en les zones d'alimentació situades a les aigües atlàntiques de les costes de Portugal i Galícia. Fins i tot, com que en el trànsit de sortida s'observen femelles acompanyades d'animals de mida molt petita, es creu que com a mínim alguns exemplars es podrien reproduir durant la seva estada al Mediterrani (Gauffier *et al.*, 2018). Aquestes observacions visuals estarien confirmades pels moviments d'alguns animals marcats amb emissors satel·litaris (Bentaleb *et al.*, 2011), per la detecció al sud-oest de la Mediterrània de sons del tipus emès per rorquals comuns atlàntics (Castellote *et al.*, 2012) i per la trobada en els teixits d'alguns exemplars avarats en el mar Mediterrani de valors d'isòtops estables característics de les aigües atlàntiques (Bentaleb *et al.*, 2011; Giménez *et al.*, 2013).

La penetració d'exemplars de rorquals comuns atlàntics al mar Mediterrani es pot explicar pel fet que les aigües temperades d'aquest mar ofereixen, particularment a la tardor i principis de l'hivern, un hàbitat no només adequat per a la reproducció, sinó també per a l'alimentació (Notarbartolo di Sciarra *et al.*, 2003; Druon *et al.*, 2012), raó per la qual aquesta bonança seria aprofitada per una part de la població atlàntica. Però el que no resulta tan obvi és que aquests individus, que clarament pertanyen a l'estoc que va ser explotat per les factories de Galícia i Portugal, atès que passen l'estiu en aquestes aigües, travessin tant en el viatge d'anada com en el de tornada les aigües de l'estret de Gibraltar sense, aparentment, advertir que ofereixen un hàbitat òptim per a l'espècie i, en conseqüència, recolonitzar-lo.

Aquesta situació no es dona únicament a l'estret de Gibraltar, ja que les aigües circumdants de les illes Fèroe, on fa dècades el rorqual comú era també un cetaci molt abundant, mai no han estat repoblades (North Atlantic Marine Mammal Commission, 2004) tot i la seva proximitat amb les veïnes aigües d'Islàndia o Irlanda, on l'espècie avui és abundant (International Whaling Commission, 2009). Tanmateix, aquesta aparent incapacitat de repoblació no sembla un tret distintiu del rorqual comú, sinó que en altres espècies de misticets diverses poblacions que van estar sotmeses a intensos processos d'explotació han mostrat comportaments comparables. A les aigües de l'arxipèlag de Geòrgia del Sud es van capturar quasi vint mil balenes geperudes durant les primeres dues dècades del segle xx, i un segle després l'àrea no ha estat repoblada tot i la presència de poblacions veïnes (Moore et al., 1999). En èpoques més recents, un quadre semblant mostra la població de la mateixa espècie a Nova Zelanda i Fiji (Ell, 1995; Gibbs i Childerhouse, 2000). Encara que d'una manera no tan clara, Clapham *et al.* (2008) assenyalen altres casos semblants en diverses espècies de misticets, la qual cosa podria indicar que aquest fenomen està estès dins el grup.

LA TRANSMISSIÓ CULTURAL, UN AVANTATGE EVOLUTIU O UN FRE A L'ADAPTACIÓ?

Sembla que l'explicació de l'aparent paradoxa que representa el fet que una espècie disposi d'antics hàbitats adequats per a l'expansió demogràfica i, tot i transitar-los de manera periòdica, no els recolonitzi, es podria trobar en el fet que els mysticets estan subjectes a pautes de comportament més complexes del que normalment es pressuposa. D'entrada, les trajectòries demogràfiques heterogènies que hem vist que segueixen nuclis poblacionals veïns suggereixen una organització en unitats estructurals de població (a vegades també conegudes com a *demes* o *demos*) que romanen relativament aïllades i que explicarien la trajectòria independent d'aquestes unitats. Però, si no existeixen barreres físiques que limitin el moviment dels animals, per què no es dona la recolonització d'hàbitats òptims i despoplats?

S'ha adduït que l'explicació radicaria en una fidelitat a destinacions determinades que es transmetria per línia materna (Hoelzel, 1998), de manera que els descendents, guiats per la seva mare, aprendrien el lloc on s'han de reproduir i el lloc on s'han d'alimentar; un cop adquirit aquest coneixement, en créixer serien incapaçs de modificar la seva pauta migratòria. Podríem parlar, doncs, d'una transmissió cultural en el coneixement de l'hàbitat. En poblacions que van ser intensament explotades, la concentració de la pesca en determinades àrees podria haver comportat una pèrdua de la memòria cultural d'aquestes àrees per l'eliminació del segment d'individus que mantenia viva aquesta memòria en el si de la població (Clapham et al., 2008). Això estaria substanciat per la forta fidelitat de les femelles per certs hàbitats que s'ha observat en diverses espècies de mysticets (Clapham i Mayo, 1987; Clapham i Seipt, 1991).

Encara més, la pèrdua de la memòria cultural també es podria produir sense que necessàriament tingués lloc una extirpació de poblacions locals, sinó, simplement, quan l'explotació incidís de manera diferencial en diferents contingents demogràfics. Això és el que sembla haver passat amb la balena geperuda de l'Atlàntic nord. Prèviament a l'explotació que va patir l'espècie durant el segle XIX, l'agregació d'individus més important es trobava en el sud-est del mar Carib (Reeves *et al.*, 2001). Per contra, en l'actualitat, un cop recuperada plenament la població nord-atlànica, el cor de la distribució s'ha desplaçat del sud-est al nord-oest del mar Carib. La densitat d'exemplars en aquesta darrera regió és avui dos ordres de magnitud més elevada que a la primera (Winn *et al.*, 1975; Mattila *et al.*, 1994). Reeves et al. (2001) han atribuït el desplaçament geogràfic del cor de la distribució al fet que, per a reproduir-se, la balena geperuda necessita una densitat elevada, el que afavoriria l'agregació de la majoria d'exemplars en una única zona d'aparellament. En aquest context, la reducció més important del contingent d'exemplars que preservaven la memòria cultural de la localitat del sud-est en relació amb la que van patir els exemplars que preservaven

la memòria de la localitat del nord-oest hauria promogut el desplaçament geogràfic dels contingents reproductius en aquesta direcció. Tanmateix, aquests mecanismes culturals serien també els responsables de la baixa diversitat que es troba en els gens mitocondrials d'individus relacionats matrilinealment, ja que aquests gens haurien estat heretats de les mares per les diferents filles en paral·lel (Whitehead, 1998).

Així, la cultura, que podem definir com el conjunt de coneixement i comportament adquirits a través de l'aprenentatge social i compartits per una comunitat, sembla un element important en la biologia dels cetacis. Però, quina n'és la raó evolutiva? Sembla que la cultura no seria més que una de les moltes expressions dels mecanismes d'aïllament reproductiu que precedeixen la diversificació de les espècies. Tot i que els misticets i els odontocets es van separar els uns dels altres ara fa entre uns quaranta i uns vint-i-cinc milions d'anys, la majoria de les seves espècies tenen cariotips molt similars i el mateix nombre de cromosomes ($2n = 44$, amb unes poques excepcions, en què tenen $2n = 42$), un fet que afavoreix l'existència d'híbrids entre espècies properes (Bérubé i Palsboll, 2018). Entre tots els cetacis, els balenopterids són la família que presenta menys diversitat i disparitat de formes. Tot i ser un grup de distribució cosmopolita, amb la majoria d'espècies presents en tots els grans oceans, trobem només vuit espècies distribuïdes en dos gèneres, i les seves diferències morfològiques, tant internes com externes, són molt limitades (Fordyce, 2017). Aquesta similitud, combinada amb la seva enorme mobilitat i una absència de barreres físiques en el mar, que al seu torn facilita l'existència simpàtrica d'espècies properes, dificultaria els processos d'aïllament reproductiu i, per extensió, de l'especialització que ha de permetre un millor aprofitament de les oportunitats que ofereix l'hàbitat. En els cetacis, la llarga longevitat, la perllongada cura maternal i substancials habilitats cognitives haurien afavorit l'evolució de les facultats culturals, de manera semblant al que ha succeït en el cas dels primats i d'algunes aus (Whitehead, 2017).

Substanciant aquesta hipòtesi, veiem que els misticets han desenvolupat diversos mecanismes etològics que són alhora conseqüència i mecanisme promotor d'aïllament entre diferents col·lectius pertanyents a la mateixa espècie, subespècie o, fins i tot, població. Un exemple ben estudiat és el de les «cançons» de les balenes geperudes i polars, que presenten dialectes entre diferents oceans i col·lectius (Payne i Guinee, 1983; Garland *et al.*, 2011, i Stafford *et al.*, 2018). L'estructura de les cançons no és estable, sinó que dins d'un col·lectiu evoluciona amb el pas del temps. Aquests dialectes podrien ser en alguns casos una conseqüència de la deriva produïda per l'aïllament geogràfic, però, si es transmeten per mecanismes culturals, en si mateixos es poden transformar en un mecanisme potenciador de l'aïllament fins i tot en poblacions simpàtriques. El fet que els cetacis siguin dels pocs tàxons en els quals el mimetisme i l'aprenentatge vocals han estat documentats (Janik, 2014) fa pensar que aquest darrer mecanisme és operatiu.

El rorqual comú de l'Atlàntic nord taxonòmicament s'engloba en conjunt en un sol clade monofilètic dintre la subespècie *Balaenoptera physalus physalus*. Va divergir de les poblacions coespecífiques del Pacífic nord i l'hemisferi sud fa aproximadament 0,99 milions d'anys (Archer *et al.*, 2013), i actualment hem vist que s'estructura en diversos estocs o *demes*. En certs casos es poden distingir aquests estocs no només per la seva distribució al·lopàtrica i pautes migratòries, sinó també pels sons que emeten; així, poblacions veïnes mostren de manera estable divergències en els intervals entre els polsos altament estereotipats que produeixen, fet que afavoriria l'aïllament (Delarue *et al.*, 2009). Aquests mecanismes d'aïllament no són una excepció entre els cetacis i els trobem àmpliament descrits, per exemple, en el cas de les orques (*Orcinus orca*), en què dialectes vocals afavoreixen l'aïllament que condueix a patrons de dieta i comportament de captura de les preses altament diferenciats entre clans o comunitats simpàtriques. De fet, això ha portat a parlar en aquesta espècie d'ecotips (Riesch *et al.*, 2012). Un altre exemple el trobem en els catxalots, que estableixen les seves unitats reproductives o clans també mitjançant l'ús de dialectes en les seves vocalitzacions (Rendell i Whitehead, 2003). Els clans de catxalots, que poden estar formats per fins a deu mil individus, ocupen àrees de distribució enormement àmplies i tenen patrons de moviment, alimentació i reproducció distintius, el que sovint els porta a tenir diferents dietes i taxes reproductives (Marcoux *et al.*, 2007; Cantor i Whitehead, 2015).

La cultura ha estat afavorida per l'evolució i posterior selecció perquè, a través de l'especialització, té efectes avantatjosos per als animals que l'assoleixen. Permet explotar de manera més selectiva i eficient l'ecosistema i, d'aquesta manera, millorar l'èxit en l'obtenció de l'aliment i, en definitiva, potenciar les taxes reproductives. Però, com és ben conegut en els humans, quan la cultura esdevé un element determinant del comportament, l'evolució i l'ecologia poden seguir camins poc usuals o predictibles (Whitehead, 2017). En un escenari de canvi climàtic global, la transmissió cultural per línies maternals podria introduir inèrcies de comportament capaces d'entorpir l'adaptació a la nova situació, limitant la capacitat de resposta davant el canvi; un canvi que, atesa la longevitat de les balenes, que en algunes espècies pot superar els 150 anys (George *et al.*, 2011), requeriria diverses generacions per a poder ser assimilat i consolidat adaptativament.

Si això fos cert, el paradigma comunament acceptat que les balenes són resilients al canvi ambiental, tal com s'havia avançat en la primera part d'aquesta presentació, es veuria qüestionat. Potser l'avantatge evolutiu que la cultura ha representat en situacions de canvi de ritme moderat esdevindrà un llast. Si això fos cert, i si l'escenari d'increment de temperatures que vaticina el Grup Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic es compleix, cal pensar que l'elevada velocitat del canvi podria ser devastadora per a un bon nombre d'espècies de misticets.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR, A. (2013). *Chimán: La pesca ballenera moderna en la península Ibérica*. Barcelona: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona. 347 p.
- AGUILAR, A.; BORRELL, A. (1990). «Patterns of lipid content and stratification in the blubber of fin whales (*Balaenoptera physalus*)». *Journal of Mammalogy*, 71(4), p. 544-554.
- (2007). «Open-boat whaling on the Straits of Gibraltar ground and adjacent waters». *Marine Mammal Science*, 23(2), p. 322-342.
- AGUILAR, A.; GARCÍA-VERNET, R. (2017). «Fin whale, *Balaenoptera physalus*». A: WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K. M. (ed.). *Encyclopedia of Marine Mammals. Third Edition*. Londres: Elsevier-Academic Press, p. 368-371. ISBN: 978-0-12-804327-1.
- AGUILAR, A.; SANDBERG, O. R. (2014). «Norwegians in Iberia. *The Compañía Ballenera Española (1914-1927)*». A: RINGSTAD, J. A. (ed.). *Whaling and history IV*. Sandefjord (Noruega): Kommander Chr. Christensens Hvalfangstmuseum, p. 37-48. ISBN: 13: 978.82-93416-00-5.
- ARCHER, F. I.; MORIN, P. A.; HANCOCK-HANSER, B. L.; ROBERTSON, K. M.; LESLIE, M. S.; BERUBÉ, M.; PANIGADA, S.; TAYLOR, B. L. (2013). «Mitogenomic phylogenetics of fin whales (*Balaenoptera physalus* spp.): Genetic evidence for revision of subspecies». *PLOS ONE*, 8, p. e63396.
- ARRIGO, K. R.; THOMAS, D. N. (2004). «Large-scale importance of sea ice biology in the Southern Ocean». *Antarctic Science*, 16(4), p. 471-486.
- ARRIZABALAGA, H.; LÓPEZ-RODAS, V.; ORTIZ DE ZÁRATE, V.; COSTAS, E.; GONZALÉZ-GARCÉS, A. (2002). «Study on the migrations and stock structure of albacore (*Thunnus alalunga*) from the Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea based on conventional tag release-recapture experiences». *ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.*, 54, p. 1479-1494.
- ASHMOLE, N. P. (1963). «The regulation of numbers of tropical oceanic birds». *Ibis*, 103b, p. 458-473.
- ATKINSON, A.; SIEGEL, V.; PAKHOMOV, E. A.; ROTHERY, P.; LOEB, V.; ROSS, R. M.; QUETIN, L. B.; SCHMIDT, K.; FRETWELL, P.; MURPHY, E. J.; TARLING, G. A.; FLEMING, A. H. (2008). «Oceanic circumpolar habitats of Antarctic krill». *Marine Ecology Progress Series*, 362, p. 1-23.
- BAILEY, H.; MATE, B. R.; PALACIOS, D. M.; IRVINE, L.; BOGRAD, S. J.; COSTA, D. P. (2009). «Behavioural estimation of blue whale movements in the Northeast Pacific from state-space model analysis of satellite tracks». *Endangered Species Research*, 10, p. 93-106.
- BELLARD, C.; BERTELSMEIER, C.; LEADLEY, P.; THUILLER, W.; COURCHAMP, F. (2012). «Impacts of climate change on the future of biodiversity». *Ecology Letters*, 15(4), p. 365-377.
- BENTALEB, I.; MARTIN, C.; VRAC, M.; MATE, B.; MAYZAUD, P.; SIRET, D.; STÉPHANIS, R. de; GUINET, C. (2011). «Foraging ecology of Mediterranean fin whales in a changing environment elucidated by satellite tracking and baleen plate stable isotopes». *Marine Ecology Progress Series*, 438, p. 285-302.
- BERGMANN, C. (1847). «Ueber die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse». *Gottinger Studien*, 3, p. 595-708.

- BÉRUBÉ, M.; AGUILAR, A.; DENDANTO, D.; LARSEN, F.; NOTARBARTOLO DI SCIARA, G.; SEARS, R.; SIGURJÓNSSON, J.; URBAN, J.; PALSBØLL, P. J. (1998). «Population genetic structure of North Atlantic, Mediterranean Sea and Sea of Cortez fin whales, *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758): analysis of mitochondrial and nuclear loci». *Molecular Ecology*, 7, p. 585-599.
- BÉRUBÉ, M.; PALSBØLL, P. J. (2017). «Hybridism». A: WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K. M. (ed.). *Encyclopedia of Marine Mammals. Third Edition*. Londres: Elsevier-Academic Press, p. 496-501. ISBN: 978-0-12-804327-1.
- BEST, P. B. (1993). «Increase rates in severely depleted stocks of baleen whales». *ICES Journal of Marine Sciences*, 50, p. 169-186.
- BJØRGE, A.; TOLLEY, K. A. (2017). «Harbor porpoise, *Phocoena phocoena*». A: WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K. M. (ed.). *Encyclopedia of Marine Mammals. Third Edition*. Londres: Elsevier-Academic Press, p. 448-451. ISBN: 978-0-12-804327-1.
- BLACKBURN, T. M.; GASTON, K. J.; LODER, N. (1999). «Geographic gradients in body size: a clarification of Bergmann's rule». *Diversity and Distributions*, 5(4), p. 165-174.
- BOLOGNARI, A. (1951). «La migrazione del Capodoglio nel Mediterraneo». *Italian Journal of Zoology*, 18, p. 4-6 i 253-256.
- BRIERLEY, A. S.; FERNANDES, P. G.; BRANDON, M. A.; ARMSTRONG, F.; MILLARD, N. W.; MCPHAIL, S. D.; STEVENSON, P.; PEBODY, M.; PERRETT, J.; SQUIRES, M.; BONE, D. G.; GRIFFITHS, G. (2002). «Antarctic krill under sea ice: elevated abundance in a narrow band just south of ice edge». *Science*, 295(5561), p. 1890-1892.
- BUCKLAND, S. T.; CATTANACH, K. L.; LENS, S. (1992). «Fin whale abundance in the eastern North Atlantic estimated from Spanish NASS-89 data». *Reports of the International Whaling Commission*, 42, p. 457-460.
- BURNES, G. P.; DIAMOND, J.; FLANNERY, T. (2001). «Dinosaurs, dragons, and dwarfs: the evolution of maximal body size». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(25), p. 14518-14523.
- CALDER III, W. A. (1974). «Consequences of body size for avian energetics». A: PAYNTER, R. A. Jr. (ed.). *Avian energetics*. Cambridge, Massachusetts (EUA): Nuttall Ornithological Club, p. 86-151.
- CANTOR, M.; WHITEHEAD, H. (2015). «How does social behavior differ among sperm whale clans?». *Marine Mammal Science*, 31, p. 1275-1290.
- CASTELLOTE, M.; CLARK, C. W.; LAMMERS, M. O. (2012). «Fin whale (*Balaenoptera physalus*) population identity in the western Mediterranean Sea». *Marine Mammal Science*, 28, p. 325-344.
- (2014). «Dispersal of North Atlantic fin whales (*Balaenoptera physalus*) into the Mediterranean Sea and exchange between populations: Response to Giménez *et al.* (2013)». *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 28(6), p. 665-667.
- CLAPHAM, P. J.; AGUILAR, A.; HATCH, L. T. (2008). «Determining spatial and temporal scales for management: lessons from whaling». *Marine Mammal Science*, p. 183-201.

- CLAPHAM, P. J.; MAYO, C. A. (1987). «Reproduction and recruitment of individually identified humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, observed in Massachusetts Bay, 1979-1985». *Canadian Journal of Zoology*, 65, p. 2853-2863.
- CLAPHAM, P. J.; SEIPT, I. E. (1991). «Resightings of independent fin whales, *Balaenoptera physalus*, on maternal summer ranges». *Journal of Mammalogy*, 72, p. 788-790.
- CODINA, A. (1921). «Algo sobre la ballena». *La Vanguardia* (2 maig 1924), p. 10.
- COOKE, J. G. (2018). '*Balaenoptera physalus*'. *The IUCN red list of threatened Species 2018*, p. e.T2478A50349982.
- DAS, K.; HOLLEVILLE, O.; RYAN, C.; BERROW, S.; GILLES, A.; ODY, D.; MICHEL, L. N. (2017). «Isotopic niches of fin whales from the Mediterranean Sea and the Celtic Sea (North Atlantic)». *Marine Environmental Research*, 127, p. 75-83.
- DAVIS, A. J.; JENKINSON, L. S.; LAWTON, J. L.; SHORROCKS, B.; WOOD, S. (1998). «Making mistakes when predicting shifts in species range in response to global warming». *Nature*, 391, p. 783-786.
- DELARUE, J.; TODD, S. K.; PARIJS, S. M. van i DI IORIO, L. (2009). «Geographic variation in Northwest Atlantic fin whale (*Balaenoptera physalus*) song: Implications for stock structure assessment». *The Journal of the Acoustical Society of America*, 125(3), p. 1774-1782.
- DRUON, J. N.; PANIGADA, S.; DAVID, L.; GANNIER, A.; MAYOL, P.; ARCANGELI, A.; CAÑADAS, A.; LARAN, S.; DI MÉGLIO, N.; GAUFFIER, P. (2012). «Potential feeding habitat of fin whales in the western Mediterranean Sea: an environmental niche model». *Marine Ecology Progress Series*, 464, p. 289-306.
- ELWEN, S.; GRIDLEY, T. (2013). «Gray whale (*Eschrichtius robustus*) sighting in Namibia (SE Atlantic)-first record for Southern Hemisphere». *International Whaling Commission*, doc. SC/65a/BRG30, p. 1-5.
- ELL, S. (1995). *There she blows: Sealing and whaling days in New Zealand*. Auckland (Nova Zelanda): Bush Press.
- FERNÁNDEZ-DONADO, L.; GONZÁLEZ-ROUCO, J. F.; RAIBLE, C. C.; AMMANN, C. M.; BARRIOPEDRO, D.; GARCÍA-BUSTAMANTE, E.; JUNGCLAUS, J. H.; LORENZ, S. J.; LUTERBACHER, J.; PHIPPS, S. J.; SERVONNAT, J.; SWINGEDOUW, D.; TETT, S. F. B.; WAGNER, S.; YIOU, P. SERVONNAT, J. (2013). «Large-scale temperature response to external forcing in simulations and reconstructions of the last millennium». *Climate of the Past*, 9, p. 393-421.
- FERNÁNDEZ-MALDONADO, C. (2016). *Patología y causas de la muerte de los cetáceos varados en Andalucía (2011-2014)*. Tesis doctoral. Las Palmas de Gran Canaria: Universitat de Las Palmas de Gran Canaria.
- FORCADA, J.; AGUILAR, A.; HAMMOND, P.; PASTOR, X.; AGUILAR, R. (1996). «Distribution and abundance of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the western Mediterranean sea during the summer». *Journal of Zoology* (Lond.), 238, p. 23-34.
- FORCADA, J.; HOFFMAN, J. I. (2014). «Climate change selects for heterozygosity in a declining fur seal population». *Nature*, 511(7510), p. 462.

- FORCADA, J.; TRATHAN, P. N.; REID, K.; MURPHY, E. J. (2005). «The effects of global climate variability in pup production of Antarctic fur seals». *Ecology*, 86, p. 2408-2417.
- FORDYCE, R. E. (2017). «Cetacean evolution». A: WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K. M. (ed.). *Encyclopedia of Marine Mammals. Third Edition*. Londres: Elsevier-Academic Press, p. 180-185. ISBN: 978-0-12-804327-1.
- GARLAND, E. C.; GOLDIZEN, A. W.; REKDAHL, M. L.; CONSTANTINE, R.; GARRIGUE, C.; HAUSER, N. D.; POOLE, M. M.; ROBBINS, J.; NOAD, M. J. (2011). «Dynamic horizontal cultural transmission of humpback whale song at the ocean basin scale». *Current Biology*, 21, p. 687-691.
- GAUFFIER, P.; VERBORGH, P.; GIMÉNEZ, J.; ESTEBAN, R.; SALAZAR SIERRA, J. M.; STÉPHANIS, R. de (2018). «Contemporary migration of fin whales through the Strait of Gibraltar». *Marine Ecology Progress Series*, 588, p. 215-228.
- GEORGE, J. C.; FOLLMANN, E.; ZEH, J.; SOUSA, M.; TARPLEY, R.; SUYDAM, R.; HORSTMANN-DEHN, L. (2011). «A new way to estimate the age of bowhead whales (*Balaena mysticetus*) using ovarian corpora counts». *Canadian Journal of Zoology*, 89(9), p. 840-852.
- GIBBS, N.; CHILDERHOUSE, S. (2000). «Humpback whales around New Zealand». *Conservation Advisory Science Notes*, núm. 287. Wellington (Nova Zelanda): Department of Conservation.
- GIMÉNEZ, J.; GÓMEZ-CAMPOS, E.; BORRELL, A.; CARDONA, L.; AGUILAR, A. (2013). «Isotopic evidence of limited exchange between Mediterranean and eastern North Atlantic fin whales». *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 27(15), p. 1801-1806.
- GOLDBOGEN, J. A.; CALAMBOKIDIS, J.; OLESON, E.; POTVIN, J.; PYENSON, N. D.; SCHORR, G.; SHADWICK, R. E. (2011). «Mechanics, hydrodynamics and energetics of blue whale lunge feeding: efficiency dependence on krill density». *Journal of Experimental Biology*, 214(1), p. 131-146.
- GOÑI, N.; LOGAN, J.; ARRIZABALAGA, H.; JARRY, M.; LUTCIVAGE, M. (2011). «Variability of albacore (*Thunnus alalunga*) diet in the Northeast Atlantic and Mediterranean Sea». *Marine Biology*, 158(5), p. 1057-1073.
- GREENE, C. H.; PERSHING, A. J.; KENNEY, R. D.; JOSSI, J. W. (2003). «Impact of climate variability on the recovery of endangered North Atlantic right whales». *Oceanography*, 16, p. 98-103.
- GUNNLAUGSSON, T.; SIGURJÓNSSON, J. (1989). «Analysis of the North-Atlantic fin whale marking data from 1979-1988 with special reference of Iceland». *Reports of the International Whaling Commission*, 39, p. 383-388.
- GUTIÉRREZ-EXPÓSITO, C.; RIVILLA, J. C.; ALÍS, S.; MÁÑEZ, M.; GARRIDO, H.; JIMÉNEZ, F. J.; COBO, M. D. (2012). «Veinticinco años (1986-2011) de monitorización de varamientos de mamíferos marinos en el litoral de Doñana (Huelva, SO España)». *Galemys*, 24, p. 86-90.
- HOELZEL, A. (1998). «Genetic structure of cetacean populations in sympatry, parapatry, and mixed assemblages: implications for conservation policy». *Journal of Heredity*, 89, p. 451-458.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2018). «Summary for Policymakers». A: MASON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PÖRTNER, H. O.; ROBERTS, D.; SKEA, J.; SHUKLA, P. R.; PIRANI, A.; MOUFOUMA-OKIA, W.; PÉAN, C.; PIDCOCK, R.; CONNORS, S.; MATTHEWS, J. B. R.; CHEN, Y.; ZHOU, X.;

GOMIS, M. I.; LONNOY, E.; MAYCOCK, T.; TIGNOR, M.; WATERFIELD, T. (ed.). *Global warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Gènova (Suïssa): World Meteorological Organization. 32 p.

INTERNATIONAL WHALING COMMISSION (1992). «Report of the comprehensive assessment special meeting on North Atlantic fin whales». *Reports of the International Whaling Commission*, 42, p. 595-637.

— (2009). «Report of the first intersessional RMP workshop on North Atlantic fin whales». *The Journal of Cetacean Research and Management*, 11 (suppl.), p. 425-452.

— (2010). «Report of the workshop on cetaceans and climate change». *Journal of Cetacean Research and Management*, 11 (suppl.) (2), p. 451-480.

— (2017). «Report of the sub-committee on the revised management procedure». *Journal of Cetacean Research and Management*, 18 (suppl.), p. 123-173.

IVERSON, S.; KOOPMAN, H. N. (2017). «Blubber». A: WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K. M. (ed.). *Encyclopedia of Marine Mammals. Third Edition*. Londres: Elsevier-Academic Press, p. 107-110. ISBN: 978-0-12-804327-1.

JANIK, V. M. (2014). «Cetacean vocal learning and communication». *Current Opinion in Neurobiology*, 28, p. 60-65.

JENNI, L.; KÉRY, M. (2003). «Timing of autumn bird migration under climate change: advances in long-distance migrants, delays in short-distance migrants». *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1523), p. 1467-1471.

JONES, A. G. E.; CHATWIN, D.; RICHARDS, R. (comp.); CLAYTON, J.; HOWARD, M. (contr.). (2018). *British Southern Whale Fishery Database* [en línia]. <<http://www.whalinghistory.org>>.

JONSGÅRD, A. (1966). «Biology of the North Atlantic fin whale *Balaenoptera physalus* (L). Taxonomy, distribution, migration and food». *Hvalrådets Skrifter*, 49, p. 1-62.

JOVER, L. (1992). «Morphometric differences between Icelandic and Spanish fin whales (*Balaenoptera physalus*)». *Reports of the International Whaling Commission*, 42, p. 747-750.

KASCHNER, K.; WATSON, R.; TRITES, A. W.; PAULY, D. (2006). «Mapping world-wide distributions of marine mammal species using a relative environmental suitability (RES) model». *Marine Ecology Progress Series*, 316, p. 285-310.

KEANE, M.; SEMEIKS, J.; WEBB, A. E.; LI, Y. I.; QUESADA, V.; CRAIG, T.; MADSEN, L. B.; DAM, S. van; BRAWAND, D.; MARQUES, P. I.; MICHALAK, P.; KANG, L.; BHAK, J.; YIM, H. S.; GRISHIN, N. V.; NIELSEN, N. H.; HEIDE-JØRGENSEN, M. P.; OZIOLOR, E. M.; MAGALHÃES, J. P. (2015). «Insights into the evolution of longevity from the bowhead whale genome». *Cell Reports*, 10(1), p. 112-122.

LEAPER, R.; COOKE, J.; TRATHAN, P.; REID, K.; ROWNTREE, V.; PAYNE, R. (2006). «Global climate drives southern right whale (*Eubalaena australis*) population dynamics». *Biology Letters*, (2006)2, p. 289-292.

- LEARMONTH, J. A.; MACLEOD, C. D.; PIERCE, G. J.; CRICK, H. Q. P.; ROBINSON, R. A. (2006). «Potential effects of climate change on marine mammals». *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, p. 431-464.
- LINDSEY, C. C. (1966). «Body sizes of poikilotherm vertebrates at different latitudes». *Evolution*, 20, p. 456-465.
- LINDSTEDT, S. L.; BOYCE, M. S. (1985). «Seasonality, fasting endurance, and body size in mammals». *The American Naturalist*, 125(6), p. 873-878.
- LOCKYER, C. H. (1982). «Preliminary investigation of some anatomical characters of fin whale ear plugs collected from different regions of the N.E. Atlantic». *Reports of the International Whaling Commission*, 32, p. 101-103.
- (1984). «Review of baleen whale (*Mysticeti*) reproduction and implications for management». *Reports of the International Whaling Commission*. Special Issue, 6, p. 27-50.
- LOCKYER, C. H.; BROWN, S. G. (1981). «The migration of whales». A: AIDLEY, D. J. (ed.). *Animal migration. Society for Experimental Biology. Seminar Series 13*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 105-137.
- LOEB, V.; SIEGEL, V.; HOLM-HANSEN, O.; HEWITT, R.; FRASER, W.; TRIVELPIECE, W.; TRIVELPIECE, S. (1997). «Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web». *Nature*, 387(6636), p. 897-900.
- LOWRY, L. F. (1993). «Foods and feeding ecology. The bowhead whale». *The Society for Marine Mammalogy*. Special publication, 2, p. 201-238.
- LUND, J. N. (2001). *Whaling masters and whaling voyages sailing from American ports: A compilation of sources*. New Bedford: New Bedford Whaling Museum. 743 p.
- MACLEOD, C. D. (2009). «Global climate change, range changes and potential implications for the conservation of marine cetaceans: a review and synthesis». *Endangered Species Research*, 7(2), p. 125-136.
- MACLEOD, C. D.; BANNON, S. M.; PIERCE, G. J.; SCHWEDER, C.; LEARMONTH, J. A.; REID, R. J.; HERMAN, J. S. (2005). «Climate change and the cetacean community of northwest Scotland». *Biological Conservation*, 124, p. 477-483.
- MANN, M. E.; ZHANG, Z.; HUGHES, M. K.; BRADLEY, R. S.; MILLER, S. K.; RUTHERFORD, S.; NI, F. (2008). «Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(36), p. 13252-13257.
- MARCOUX, M.; RENDELL, L.; WHITEHEAD, H. (2007). «Indications of fitness differences among vocal clans of sperm whales». *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 61, p. 1093-1098.
- MASSKI, H.; STÉPHANIS, R. de (2015). «Cetaceans of the Moroccan coast: information from a reconstructed strandings database». *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 1, p. 1-9.
- MATTLA, D. K.; CLAPHAM, P. J.; VÁSQUEZ, O.; BOWMAN, R. (1994). «Occurrence, population composition and habitat use of humpback whales in Samana Bay, Dominican Republic». *Canadian Journal of Zoology*, 72, p. 1898-1907.

- MOORE, M. J.; BERROW, S. D.; JENSEN, B. A.; CARR, P.; SEARS, R.; ROWNTREE, V. J.; PAYNE, R.; HAMILTON, P. K. (1999). «Relative abundance of large whales around South Georgia (1979-1998)». *Marine Mammal Science*, 15, p. 1287-1302.
- MOORE, S. (2008). «Marine mammals as ecosystem sentinels». *Journal of Mammalogy*, 89(3), p. 534-540.
- MOORE, S. E.; GREBMEIER, J. M.; DAVIES, J. R. (2003). «Gray whale distribution relative to forage habitat in the northern Bering Sea: current conditions and retrospective summary». *Canadian Journal of Zoology*, 81, p. 734-742.
- MOORE, S. E.; WYNNE, K. M.; CLEMENT-KINNEY, J.; GREBMEIER, J. M. (2007). «Gray whale occurrence and forage southeast of Kodiak Island, Alaska». *Marine Mammal Science*, 23, p. 419-428.
- NICOL, S. (2006). «Krill, currents, and sea ice: *Euphausia superba* and its changing environment». *AIBS Bulletin*, 56(2), p. 111-120.
- NICOL, S.; WORBY, N. S.; LEAPER, R. (2008). «Changes in the Antarctic sea ice ecosystem: potential effects on krill and baleen whales». *Marine and Freshwater Research*, 59, p. 361-382.
- NORTH ATLANTIC MARINE MAMMAL COMMISSION (2004). *Report of the Scientific Committee. NAMMCO Annual Report 2003*, p. 135-310.
- NOTARBARTOLO DI SCIARA, G.; ZANARDELLI, M.; JAHODA, M.; PANIGADA, S.; AIROLDI, S. (2003). «The fin whale, *Balaenoptera physalus* (L. 1758), in the Mediterranean Sea». *Mammal Review*, 33, p. 105-150.
- OCAÑA, O.; PÉREZ-RIVERA, J. M. (2011). «Seguimiento de los varamientos de cetáceos y tortugas marinas de la región de Ceuta (2009-2010)». *Alidrisia*, 2, p. 6-14.
- OCAÑA, O.; ROSA, J. A.; MOHAMED, H. A.; ORDUNA, S.; SÁEZ, R. (2017). «Seguimiento de los varamientos de cetáceos y tortugas marinas de la región de Ceuta (2014-2017)». *Alidrisia*, 5, p. 6-21.
- OCAÑA, O.; ROSA, J. A.; PÉREZ-RIVERA, J. M. (2013). «Seguimiento de los varamientos de cetáceos y tortugas marinas de la región de Ceuta (2011-2012)». *Alidrisia*, 3, p. 6-16.
- (2015). «Seguimiento de los varamientos de cetáceos y tortugas marinas de la región de Ceuta (2013-2014)». *Alidrisia*, 4, p. 6-20.
- PALSBOELL, P. J.; BÉRUBÉ, M.; AGUILAR, A.; NOTARBARTOLO DI SCIARA, G.; NIELSEN, R. (2004). «Discerning between recurrent gene flow and recent divergence under a finite-site mutation model applied to North Atlantic and Mediterranean Sea fin whale (*Balaenoptera physalus*) populations». *Evolution*, 58(3), p. 670-675.
- PAMPOULIE, C.; DANIELSDÓTTIR, A. K. (2013). «Review on the genetic stock structure of North Atlantic fin whales (*Balaenoptera physalus*): Past, present and future». *International Whaling Commission document SC/65a/RMPO3:1-8* [en línea]. <<http://www.iwcoffice.Org/>>.
- PANIGADA, S.; DONOVAN, G. P.; DRUON, J. N.; LAURIANO, G.; PIERANTONIO, N.; PIROTTA, E.; ZANARDELLI, M.; ZERBINI, A. N.; NOTARBARTOLO DI SCIARA, G. (2017). «Satellite tagging of Mediterranean fin whales: working towards the identification of critical habitats and the focusing of mitigation measures». *Scientific Reports*, 7, p. 335.

- PARMESAN, C. (2006). «Ecological and evolutionary responses to recent climate change». *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, p. 637-669.
- PAYNE, R. S.; GUINEE, L. N. (1983). «Humpback whale songs as an indicator of “stocks”». A: PAYNE, R. (ed.). *Communication and behavior of whales. AAAS Selected Symposia Series*. Boulder, Colorado (EUA): Westview Press, p. 333-358.
- PEARSON, R. G.; DAWSON, T. P. (2003). «Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?». *Global Ecology and Biogeography*, 12(5), p. 361-371.
- PEÑUELAS, J.; FILELLA, I. (2001). «Responses to a warming world». *Science*, 294, p. 793-794.
- PERRY, A. L.; LOW, P. J.; ELLIS, J. R.; REYNOLDS, J. D. (2005). «Climate change and distribution shifts in marine fishes». *Science*, 308, p. 1912-1915.
- PINSKY, M. L.; NEWSOME, S. D.; DICKERSON, B. R.; FANG, Y.; TUINEN, M. van; KENNETT, D. J.; REAM, R. R.; HADLY, E. A. (2010). «Dispersal provided resilience to range collapse in a marine mammal: insights from the past to inform conservation biology». *Molecular Ecology*, 19, p. 2418-2429.
- POND, C. M. (1978). «Morphological aspects and the ecological and mechanical consequences of fat deposition in wild vertebrates». *Annual Review of Ecology and Systematics*, 9, p. 519-570.
- REEVES, R. R.; SWARTZ, S.; WETMORE, S. E.; CLAPHAM, P. J. (2001). «Historical occurrence and distribution of humpback whales in the eastern and southern Caribbean Sea, based on data from American whaling logbooks». *Journal of Cetacean Research and Management*, 3, p. 117-129.
- REILLY, S. B. (1992). «Population biology and status of eastern Pacific gray whales: Recent developments». A: McCULLOUGH, D. R.; BARRETT, R. H. (ed.). *Wildlife 2001: Populations*. Nova York: Elsevier Applied Science, p. 1062-1074.
- RENDELL, L.; WHITEHEAD, H. (2003). «Vocal clans in sperm whales (*Physeter macrocephalus*)». *Proceedings of the Royal Society of London*, B270, p. 225-231.
- RIESCH, R.; BARRETT-LENNARD, L. G.; ELLIS, G. M.; FORD, J. K. B.; DEECKE, V. B. (2012). «Cultural traditions and the evolution of reproductive isolation: ecological speciation in killer whales?». *Biological Journal of the Linnean Society*, 106, p. 1-17.
- ROBINSON, R. A.; CRICK, H. Q.; LEARMONTH, J. A.; MACLEAN, I.; THOMAS, C. D.; BAIRLEIN, F.; FORCHHAMMER, M. C.; FRANCIS, C. M.; GILL, J. A.; GODLEY, B. J.; HARWOOD, J.; HAYS, G. C.; HUNTLEY, B.; HUTSON, A. M.; PIERCE, G. J.; REHFISCH, M. M.; SIMS, D. W.; SANTOS, M. B.; SPARKS, T. H.; STROUD, D. A.; VISSER, M. E. (2009). «Travelling through a warming world: climate change and migratory species». *Endangered Species Research*, 7(2), p. 87-99.
- ROCHA, R. C.; CLAPHAM, P. J.; IVASHCHENKO, Y. V. (2014). «Emptying the oceans: a summary of industrial whaling catches in the 20th century». *Marine Fisheries Review*, 76(4), p. 37-48.
- ROOT, T. L.; PRICE, J. T.; HALL, K. R.; SCHNEIDER, S. H.; ROSENZWEIG, C.; POUNDS, J. A. (2003). «Fingerprints of global warming on wild animals and plants». *Nature*, 421(6918), p. 57-60.

- SAGARMINAGA, Y.; ARRIZABALAGA, H. (2010). «Spatio-temporal distribution of albacore (*Thunnus alalunga*) catches in the northeastern Atlantic: relationship with the thermal environment». *Fisheries Oceanography*, 19(2), p. 121-134.
- SANPERA, C.; AGUILAR, A. (1992). «Modern whaling off the Iberian Peninsula during the 20th Century». *Reports of the International Whaling Commission*, 42, p. 723-729.
- SANPERA, C.; CAPELLI, R.; MINGANTI, V.; JOVER, L. (1993). «Total and organic mercury in North Atlantic fin whales: distribution pattern and biological related changes». *Marine Pollution Bulletin*, 26(3), p. 135-139.
- SANPERA, C.; GONZÁLEZ, M.; JOVER, L. (1996). «Heavy metals in two populations of North Atlantic fin whales (*Balaenoptera physalus*)». *Environmental Pollution*, 91(3), p. 299-307.
- SCHEININ, A. P.; KEREM, D.; MACLEOD, C. D.; GAZO, M.; CHICOTE, C. A.; CASTELLOTE, M. (2011). «Gray whale (*Eschrichtius robustus*) in the Mediterranean Sea: anomalous event or early sign of climate-driven distribution change?». *Marine Biodiversity Records*, 4, p. e28.
- SCHMITZ, W. J.; MCCARTNEY, M. S. (1993). «On the North Atlantic circulation». *Reviews of Geophysics*, 31(1), p. 29-49.
- SERGEANT, D. E. (1977). «Stocks of fin whales *Balaenoptera physalus* L. in the North Atlantic Ocean». *Reports of the International Whaling Commission*, 27, p. 461-473.
- SHERMAN, S. C. (1965). *The voice of the whaleman: With an account of the Nicholson Whaling Collection*. Providence: Providence Public Library. 219 p.
- SILVA, M.; PRIETO, R.; JONSEN, I.; BAUGARTNER, M. F.; SANTOS, R. S. (2013). «North Atlantic fin whales suspend their spring migrations to forage in middle latitudes: building up energy reserves for the journey?». *PLOS ONE*, 8(10), p. e76507.
- SIMMONDS, M. P.; ELIOTT, W. J. (2009). «Climate change and cetaceans: concerns and recent developments». *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(01), p. 203-210.
- SLIJPER, E. J. (1979). *Whales*. 2a ed. Londres: Hutchinson & Co. (Publishers) Ltd. 511 p.
- SMITH, T. D.; REEVES, R. R.; JOSEPHSON, E. A.; LUND, J. N. (2012). «Spatial and seasonal distribution of American whaling and whales in the age of sail». *PLOS ONE*, 7(4), p. e34905.
- STAFFORD, K. M.; LYDERSEN, C.; WIIG, Ø.; KOVACS, K. M. (2018). «Extreme diversity in the songs of Spitsbergen's bowhead whales». *Biology Letters*, 14, p. 20180056.
- STAFFORD, K. M.; MOORE, S. E.; SPILLANE, M.; WIGGINS, S. (2007). «Gray whale calls recorded near Barrow, Alaska throughout the winter of 2003-04». *Arctic*, 60, p. 167-172.
- STÉPHANIS, R. de; CORNULIER, T.; VERBORGH, P.; SALAZAR SIERRA, J.; PÉREZ GIMENO, N.; GUINET, C. (2008). «Summer spatial distribution of cetaceans in the Strait of Gibraltar in relation to the oceanographic context». *Marine Ecology Progress Series*, 353, p. 275-288.
- SWARTZ, S. L. (2017). «Gray whale *Eschrichtius robustus*». A: WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K. M. (ed.). *Encyclopedia of Marine Mammals. Third Edition*. Londres: Elsevier-Academic Press, p. 422-428. ISBN: 978-0-12-804327-1.

TØNNESSEN, J. N.; JOHNSEN, A. O. (1959-1970). *Den Moderne Hvalfangsts Historie*. 4 vol. Sandefjord (Noruega): Utgitt av Norges Hvalfangstforbund.

— (1982). *The history of modern whaling*. Londres: C. Hurst & Co. 798 p.

TRATHAN, P. N.; FORCADA, J.; MURPHY, E. J. (2007). «Environmental forcing and Southern Ocean marine predator populations: effects of climate change and variability». *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B362, p. 2351-2365.

VALENZUELA, L. O.; SIRONI, M.; ROWNTREE, V. J.; SEGER, J. (2009). «Isotopic and genetic evidence for culturally inherited site fidelity to feeding grounds in southern right whales (*Eubalaena australis*)». *Molecular Ecology*, 18, p. 782-791.

VARGAS, M. (2005). «Cazadores de ballenas en el Golfo de Cádiz». Algesires: Incografic SAL. 122 p.

VIGHI, M.; BORRELL, A.; AGUILAR, A. (2016). «Stable isotope analysis and fin whale subpopulation structure in the eastern North Atlantic». *Marine Mammal Science*, 32(2), p. 535-551.

VÍKINGSSON, G. A. (1992). «Morphometrics of fin whales off Iceland and Spain». *Report of the Comprehensive Assessment Special Meeting on North Atlantic Fin Whales. Reports of the International Whaling Commission*. Annex D3 42, p. 611.

VÍKINGSSON, G. A.; GUNNLAUGSSON, T. (2005). *Stock structure of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the North Atlantic-indications from non-genetic data*. IWC/SC/57/PFI3 [en línia]. International Whaling Commission <<http://www.iwcoffice.org/>>.

WAGNER, S. (2004). «The role of different forcings on the historical climate variability, with special consideration of the Dalton Minimum (1790-1830): a model study». *GKSS Report*. Geesthacht (Alemanya): GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH. ISSN 0344-9629.

WAGNER, S.; ZORITA, E. (2005). «The influence of volcanic, solar and CO₂ forcing on the temperatures in the Dalton Minimum (1790-1830): a model study». *Climate Dynamics*, 25(2-3), p. 205-218.

WALTHER, G. R.; POST, E.; CONVEY, P.; MENZEL, A.; PARMESAN, C.; BEEBEE, T. J.; FROMENTIN, J. M.; HOEGH-GULDBERG, O.; BAIRLEIN, F. (2002). «Ecological responses to recent climate change». *Nature*, 416(6879), p. 389-395.

WHITEHEAD H. (1997). «Sea surface temperature and the abundance of sperm whale calves off the Galapagos Islands: implications for the effects of global warming». *Report of the International Whaling Commission*, 47, p. 941-944.

— (1998). «Cultural selection and genetic diversity in matrilineal whales». *Science*, 282, p. 1708-1711.

— (2017). «Culture and social learning». A: WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K. M. (ed.). *Encyclopedia of Marine Mammals. Third Edition*. Londres: Elsevier-Academic Press, p. 232-234. ISBN: 978-0-12-804327-1.

WILLOUGHBY, V. (1921). «Whaling near Gibraltar». *Country Life*, 50(1286), p. 249-252.

WINN, H. E.; EDEL, R. K.; TARUSKI, A. G. (1975). «Population estimate of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the West Indies by visual and acoustic techniques». *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32, p. 499-506.

WÜRSIG, B.; REEVES, R. R.; ORTEGA-ORTIZ, J. G. (2002). «Global climate change and marine mammals». A: EVANS, P. G. H.; RAGA, J. A. (ed.). *Marine Mammals: Biology and Conservation*. Nova York: Kluwer Academic: Plenum Publishers. p. 589-608.

RESUM

El canvi climàtic és un dels efectes antropogènics globals de conseqüències menys predictibles. S'han realitzat nombrosos estudis sobre la incidència que el canvi tindria en diferents segments de la biodiversitat, però l'impacte que a llarg termini podria ocasionar a les poblacions de cetacis i, en especial dels mysticets, és objecte de controvèrsia. D'una banda, s'ha subratllat que la major part de les espècies de mysticets viuen en aigües oceàniques mancades d'obstacles i posseeixen una gran mobilitat que els permet realitzar migracions de milers de quilòmetres. En aquest context, aquests animals podrien respondre de manera àgil a l'escalfament global simplement variant la seva fenologia i ruta migratòria. D'altra banda, s'ha argumentat que, precisament per ser migradors de grans distàncies, els mysticets serien especialment vulnerables a una variació tèrmica, ja que tant la seva alimentació com la seva reproducció depenen d'hàbitats amb característiques concretes situats en zones molt allunyades. Una variació en la localització d'aquestes destinacions migratòries podria tenir efectes catastròfics si els animals no fossin capaços d'adaptar o reorientar els seus desplaçaments.

Donant suport a la primera hipòtesi, s'addueixen els canvis observats en les últimes dècades en el règim migratori i la distribució de la balena grisa de l'oceà Pacífic, així com les variacions que, a través dels registres històrics de la pesca balenera, s'ha vist que es van produir en la distribució de la balena franca austral en els anys centrals del període de Dalton (1790-1830). En aquella etapa van coincidir una disminució significativa de la irradiació solar i erupcions volcàniques de gran potència que van enviar enormes quantitats de cendra a l'estratosfera i van produir un efecte pantalla considerable, aspectes que van desencadenar un descens de les temperatures mitjanes de l'atmosfera d'entre 0, 15 i 0,75 °C. En tots dos casos, les poblacions de balenes van demostrar adaptabilitat i resiliència al canvi ambiental.

No obstant això, aparentment contradient aquests escenaris, s'ha vist que moltes poblacions de balenes s'estructuren en unitats independents segregades en l'espai i que mostren un comportament migratori conservador. Un exemple ben estudiat és el del rorqual comú de l'Atlàntic nord, que, si bé ocupa la totalitat d'aquest oceà i realitza en el seu interior migracions de milers de quilòmetres, la seva metapoblació se segrega en almenys vuit estocs o *demes* discrets. Els exemplars pertanyents a un estoc determinat travessen sovint territoris ocupats per exemplars pertanyents a altres estocs sense creuar-se amb ells ni tampoc colonitzar el nou hàbitat. Estudis recents han mostrat que aquest comportament va limitar la recuperació de poblacions que van ser demogràficament reduïdes per la pesca i va deixar abandonats hàbitats que en el passat havien estat òptims. Situacions similars s'han donat en altres oceans, altres espècies de mysticets i, fins i tot, altres famílies de cetacis. L'explicació d'aquesta aparent rigidesa en l'ocupació de l'espai rauria en la transmissió cultural per línia

materna de les principals pautes de comportament i utilització de l'hàbitat. Aquest mecanisme, que en animals tan mòbils hauria estat al llarg de la història un motor de l'especiació, i per això hauria representat un avantatge evolutiu, en el present, quan el canvi ambiental es produeix a una velocitat sense precedents, podria convertir-se en un llast que dificultés o fins i tot impedisís la necessària adaptació.

RESUMEN

El cambio climático es uno de los efectos antropogénicos globales cuyas consecuencias resultan menos predecibles. Se han realizado numerosos estudios sobre la incidencia que el cambio tendría en distintos segmentos de la biodiversidad, pero el impacto que a largo plazo podría ocasionar a las poblaciones de cetáceos y, en especial de los misticetos, es objeto de controversia. Por un lado, se ha subrayado que la mayor parte de las especies de misticetos viven en aguas oceánicas carentes de obstáculos y poseen una gran movilidad que les permite realizar migraciones de miles de quilómetros. En este contexto, estos animales podrían responder de modo ágil al calentamiento global simplemente variando su fenología y ruta migratoria. Por otro lado, se ha argumentado que, precisamente por ser migradores de grandes distancias, los misticetos serían particularmente vulnerables a una variación térmica, ya que tanto su alimentación como su reproducción dependen de hábitats con características concretas situados en zonas muy alejadas. Una variación en la localización de estos destinos migratorios podría tener efectos catastróficos si los animales no fueran capaces de adaptar o reorientar sus desplazamientos.

Apoyando la primera hipótesis, se aducen los cambios observados en las últimas décadas en el régimen migratorio y la distribución de la ballena gris del océano Pacífico, así como las variaciones que, a través de los registros históricos de la pesca ballenera, se ha visto que se produjeron en la distribución de la ballena franca austral en los años centrales del período de Dalton (1790-1830). En aquella etapa coincidieron una disminución significativa de la irradiación solar y erupciones volcánicas de gran potencia que enviaron enormes cantidades de ceniza a la estratosfera y produjeron un efecto pantalla considerable, aspectos que conllevaron un descenso de las temperaturas medias de la atmósfera de entre 0,15 y 0,75 °C. En ambos casos, las poblaciones de ballenas demostraron adaptabilidad y resiliencia al cambio ambiental.

Sin embargo, aparentemente contradiciendo estos escenarios, se ha visto que muchas poblaciones de ballenas se estructuran en unidades independientes segregadas en el espacio y que muestran un comportamiento migratorio conservador. Un ejemplo bien estudiado es el del rorcual común del Atlántico norte, que, si bien ocupa la totalidad de este océano y realiza en su interior migraciones de miles de quilómetros, su metapoblación se segrega en al menos ocho stocks o *demes* discretos. Los ejemplares pertenecientes a un stock determinado atraviesan con frecuencia territorios ocupados por ejemplares pertenecientes a otros stocks sin cruzarse con ellos ni tampoco colonizar el nuevo hábitat. Estudios recientes han mostrado que este comportamiento limitó la recuperación de poblaciones que habían sido demográficamente reducidas por la pesca y dejó abandonados hábitats que en el pasado habían sido óptimos. Situaciones similares se han dado en otros océanos, otras especies de misticetos e incluso otras familias de cetáceos. La explicación de esta aparente rigidez

en la ocupación del espacio radicaría en la transmisión cultural por línea materna de las principales pautas de comportamiento y utilización del hábitat. Este mecanismo, que en animales tan móviles habría sido a lo largo de la historia un motor de la especiación, y por ello habría representado una ventaja evolutiva, en el presente, cuando el cambio ambiental se produce a una velocidad sin precedentes, podría convertirse en un lastre que dificultase o incluso impidiese la necesaria adaptación.

SUMMARY

Climate change is one of the global anthropogenic impacts the consequences of which are harder to predict. Many studies have been carried out on the incidence that the change would have on different segments of the biodiversity, but the long-term impact that it is likely to have on the populations of cetaceans, and particularly those of mysticetes, is controversial. On the one hand, it has been argued that most species of mysticetes thrive in oceanic waters where physical obstacles are absent and have a high mobility that allows them to undergo migrations spanning thousands of kilometres. In this context, these animals are likely to respond to global warming simply by varying their phenology and migration route. On the other hand, it has been argued that, precisely because they are long-range migrants, mysticetes may be particularly vulnerable to temperature variation because both their feeding and their reproduction depend on habitats with specific characteristics located in very distant areas. A variation in the location of these migratory destinations could have catastrophic effects if the animals were not able to adapt or reorient their movements.

Supporting the first hypothesis are the changes observed in the last decades in the migratory regime and the distribution of the gray whale of the Pacific Ocean as well as the variations that, through the historical records of whaling, have been observed in the distribution of the southern right whale in the central years of the Dalton period (1790-1830). During these years, a significant decrease in solar irradiation coincided with volcanic eruptions of great power that sent huge amounts of ash to the stratosphere and produced a considerable screen effect, all of which led to a decrease in the average temperatures of the atmosphere between 0,15 and 0,75 °C. In both cases, the baleen whale populations demonstrated adaptability and resilience to environmental change.

However, apparently contradicting these scenarios, it has been seen that many populations of whales are structured in separate units segregated in space which show a conservative migratory behaviour. A well-studied example is that of the North Atlantic fin whale that, although it occupies the whole of this ocean and carries out migrations of thousands of kilometres, its metapopulation segregates into at least eight discrete stocks or demes. The specimens belonging to a particular stock often swim through territories occupied by specimens belonging to other stocks without crossing with them or colonizing the new habitat. Recent studies have shown that this behaviour limited the recovery of populations that had been demographically reduced by whaling and left abandoned habitats that in the past were considered to be optimal for the species. Similar situations have occurred in other oceans, other species of mysticetes and even other families of cetaceans. The explanation of this apparent rigidity in the occupation of space would lie in the matrilineal transmission of culture in critical elements of their behaviour and habitat use. This mechanism,

which in so mobile animals historically triggered speciation, and therefore represented an evolutionary advantage, in the present, when environmental change occurs at an unprecedented speed, may hinder or even prevent the necessary adaptation.

DISCURS DE RESPOSTA PER L'ACADÈMIC NUMERARI EXCM. SR. DR. JACINT NADAL I PUIGDEFÀBREGAS

Excel·lentíssim Senyor President de l'Acadèmia,
Excel·lentíssims Acadèmics i Autoritats,
Senyores i Senyors:

Acceptat l'honor i la responsabilitat d'apadrinar l'entrada d'un nou acadèmic, m'he inspirat per a aquest acte, el denominat *discurs de resposta*, en molts dels que s'han fet en el si de l'Acadèmia, com també en els nombrosos escrits elaborats pels seus membres al llarg dels més de dos-cents cinquanta anys de vida d'aquesta institució, que formen un fons d'inestimable qualitat per estudiar la història de la ciència, entre els quals vull destacar les *Reflexiones: salud ecológica, formación y Universidad* del doctor Enrique Ras Oliva.

I allí lleigeixo, de la ploma de Gabriela Mistral, «Dame sencillez y dame profundidad; líbrame de ser complicada y bana», que amb altres paraules reflecteix el lema de la nostra Reial Acadèmia «Utile non subtile legit»; és a dir, destria el que és útil d'allò que és pura especulació subtil sense valor. I és que sembla que la trajectòria vital i científica del doctor Àlex Aguilar i Vila hagi seguit les orientacions exposades pel doctor Enrique Ras en el mencionat escrit.

Així, seguint aquesta norma, es forja la personalitat del doctor Àlex Aguilar. Nascut en el si d'una família benestant de Barcelona, respira l'ambient i la cultura del seu pare, Ramon Aguilar Moré, reconegut pintor, i de la seva mare Anna Vila, amb una sòlida formació intel·lectual. Pel que fa a la seva línia de treball, s'ha centrat en l'estudi dels vertebrats que, en el seu procés evolutiu, han experimentat un retorn al mar. Per bé que es va iniciar en l'estudi dels cetacis, ha treballat també amb pinípedes i quelonis (les tortugues marines). Però és dins l'ordre dels cetacis que ha treballat més intensament.

En el món dels cetacis, cal destacar la importància ecològica i evolutiva que té el seu retorn a l'aigua, al mar, derivant d'una línia evolutiva de la qual tenim com a formes vivents més properes els hipopòtams. Aquests pareixen les cries a l'aigua i per respirar obren els orificis nasals, és a dir, quan estan sota l'aigua automàticament tenen tancats aquests orificis.

De fet, m'agradaria remarcar la diversitat de formes tan important que tenen els cetacis, els quals constitueixen el principal grup que ha estudiat el doctor Aguilar i els quals tenen una diversificació evolutiva espectacular.

Quant a les mides, varien des de la imponent balena blava (*Balaenoptera musculus*) fins a la marsopa (*Phocoena sinus*), espècie de la qual només hi ha una població d'uns cinquanta individus, ja que sovint queda emmallada amb les xarxes de pesca. Es troba a les aigües càlides del golf de Califòrnia (Mèxic). Aquesta espècie,

que només arriba a pesar 55 kg, pot tenir aquesta mida reduïda perquè no necessita la capa de greix que l'aïlli del fred i perquè per la seva distribució geogràfica s'escapa de la llei de Bergmann, segons la qual la mida d'un homeoterm és més gran com més baixa és la temperatura mitjana de l'ambient on viu. I això s'accentua quan l'ambient és l'aigua i no l'aire.

La capa de greix, que certament aïlla del fred també els grans rorquals, en aquests representa un perill en el qual normalment no es pensa: la dificultat d'eliminar la calor que genera el seu cos. Això ho fan per mitjà de les aletes, que actuen com a superfícies intercanviadores de calor, però sobretot per mitjà de la llengua. La llengua intervé en el procés d'alimentació en els balènids, junt amb les conegudes barbes; però no en els balenoptèrids —els rorquals—, que per capturar el menjar ho fan expandint i contraient la faringe junt també amb les barbes, que no són altra cosa que les rugositats palatines ben desenvolupades. Els balenoptèrids conserven la llengua perquè aquesta, com acabo de dir, està implicada en l'eliminació de l'excedent de calor. És per a aquesta funció que la mantenen. La natura no conserva òrgans inútils.

Moltes i admirables són les adaptacions que presenta aquest grup dels cetacis. Per exemple, la capacitat de busseig, que és de prop de 2 km en el cas dels catxalots. Poden estar submergits sota l'aigua unes dues hores sense respirar i sortir a la superfície sense els problemes generats per una embòlia gasosa. Això s'explica perquè, junt amb altres sistemes, en submergir-se contrauen la caixa toràcica i expulsen per tant l'aire dels pulmons.

En les immersions desencadenen una bradicàrdia acusada i la circulació es limita a irrigar els òrgans imprescindibles —com el cervell—, a partir de les artèries menínigies, les quals surten de les artèries menínigies espinals. D'altra banda, sembla que els centres respiratoris i el sinus carotídi siguin menys sensibles a la concentració de diòxid de carboni en sang.

Aquesta capacitat d'immersió condiciona les característiques del seu greix, que és extraordinàriament estable davant de canvis tèrmics o de pressió, la qual cosa explica que en el passat fos utilitzat com a lubricant de satèl·lits artificials en la cursa espacial. La competència pel domini en la cursa de l'espai entre els EUA i l'antiga URSS va estimular per part dels EUA els moviments proteccionistes d'aquests animals, per altra banda absolutament necessaris, atesa l'acusada minva poblacional de les distintes espècies de grans cetacis. Així, es comprèn que es detectessin vaixells dedicats a la caça de grans cetacis fora del control de la Comissió Balenera Internacional, cosa que fora difícil de fer per part d'entitats privades. Més endavant, el greix de grans cetacis va ser substituït per oli de jojoba (*Simmondsia chinensis*).

És admirable la capacitat d'orientació d'aquestes espècies, i els grans desplaçaments que fan algunes d'elles, tant per parir com per alimentar-se. En el primer cas perquè en néixer els petits no presenten la capa de greix que els aïlla del fred. Des-

prés, un cop estructurada aquesta capa a partir de l'alimentació materna, ja poden emigrar cap a les aigües fredes àrtiques o antàrtiques, on s'aprofitaran de l'enorme productivitat que allí hi ha.

Les tècniques de marcatge i seguiment via satèl·lit han permès establir amb precisió les rutes migratòries d'algunes espècies, rutes que han après per herència cultural, i les quals s'han comprovat també gràcies al camp magnètic i a la posició del sol. Per tot això, per la seva fisiologia tan sensible i ajustada, són molt bons indicadors del canvi climàtic (tèrmic), i adquireix més importància el que ens ha exposat el doctor Àlex Aguilar.

La seva línia de treball reflecteix el pensament manifestat per Wilson en molts dels seus escrits. Així, diu: «Bona part del problema actual rau en el fet que la majoria de la gent es preocupa pel medi ambient natural, però no sap per què ho fa ni per què hauria de sentir-se'n responsable». En línies generals, molts són incapaços de formular en paraules el que significa per a ells administrar la natura. Es tracta d'una confusió molt perillosa per a la societat contemporània i per a les generacions futures, que està vinculada amb un altre fet lamentable: la deficient formació científica de la gent en general.

La Terra és un laboratori en què la natura ens exposa el resultat d'innombrables experiments. Ens parla. Hem de saber-la escoltar i el doctor Aguilar ho sap fer. Per altra banda, tot això ens manifesta que l'estudi de la forma i la funció s'ha de fer conjuntament. No es pot estudiar l'anatomia com si es tractés de l'estudi d'una escultura; s'ha de donar funcionalitat a aquests estudis, com bé exemplifica el doctor Aguilar en la seva exposició.

El fet que la biosfera esdevingui homogènia, a part de ser un fenomen trist i costós per a la nostra espècie, fa minvar l'equilibri ecològic que requereix. I, així, el sol fet que espècies com els cetacis estiguin vives ens indica que la natura també ho està. I aquestes espècies les podem considerar autèntiques obres mestres, autèntiques llegendes encara vives. Actualment, les persones comprenen la importància del que es va perdre o es va estar a punt de perdre per la cobdícia humana; potser arribarà el temps en què es valoraran altres espècies a les quals no es presta atenció avui en dia.

Hem d'acceptar que la major part de la humanitat viu en un món artificial. En gran manera, hem oblidat el nostre bressol i l'estatge primigeni de la nostra espècie. Com diu Wilson, de qui he tret la major part d'aquests pensaments, la humanitat, cega per la seva ignorància i interessada exclusivament en si mateixa, està destruint la creació. Hi ha temps encara d'assumir les nostres obligacions envers el món natural, que són també obligacions envers les generacions futures. Els treballs del doctor Àlex Aguilar ajuden a prendre consciència d'aquests fets.

Àlex Aguilar és catedràtic de biologia animal a la Universitat de Barcelona (UB). Actualment ocupa el càrrec de vicerector de Projecció i Internacionalització a la mateixa universitat. Ha estat vicerector d'Innovació i Transferència del Coneixement de la UB (2008-2010) i director de l'Institut de Recerca de la Biodiversitat-IRBio (2013-2016). És també investigador en cap del Grup de Recerca dels Grans Vertebrats Marins, reconegut per la Generalitat de Catalunya com un «grup de recerca de qualitat consolidat». La seva activitat investigadora s'ha desenvolupat en diversos àmbits de la biologia animal, però s'ha centrat principalment en l'estudi de la demografia, l'ecologia i la gestió d'espècies marines amenaçades. Paral·lelament, ha dirigit també investigacions focalitzades en l'impacte de la pesca i dels contaminants químics en els ecosistemes i, en particular, en la fauna vertebrada. Aquestes activitats l'han dut a ser autor o coautor de més de tres-centes comunicacions en congressos —moltes d'elles conferències convidades—, i d'un nombre semblant de treballs de publicacions, entre els quals es compten nombrosos articles i capítols de llibres, així com sis llibres i quatre audiovisuals. També ha desenvolupat una àmplia activitat de divulgació i formació, i així ha organitzat vuit congressos o simposis i participat en la realització de més de setanta cursos, cicles de conferències o seminaris especialitzats. En el camp docent, ha estat professor de diverses assignatures relacionades amb la biologia animal i la conservació de la biodiversitat, tant en les llicenciatures de biologia i ciències ambientals com en els estudis de doctorat i màster. Ha dirigit catorze tesis doctorals i una trentena de tesis de postgrau (treballs de fi de màster, tesines i d'altres) i ha estat coordinador del màster oficial europeu Biodiversitat: Evolució i Conservació. És assessor de diverses organitzacions internacionals, entre les quals destaquen la Unió Internacional per a la Conservació de la Natura (UICN), la Comissió Balenera Internacional (IWC), el Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient (PNUMA) i les Convencions de Bonn i Barcelona. Durant sis anys ha estat membre del Consell Científic del Parc Nacional del Banc d'Arguin, a Mauritània, la reserva de fauna més important de l'Àfrica occidental. En l'àmbit nacional, és membre del Grup de Treball d'Espècies Marines i els seus Hàbitats del Ministeri de Medi Ambient i ha participat en l'elaboració de les llistes vermelles i catàlegs d'espècies amenaçades d'Espanya, de Balears i d'Andalusia. La recerca duta a terme ha estat finançada per uns vuitanta projectes de recerca, molts d'ells d'àmbit europeu o internacional, dels quals en la seva major part ha estat l'investigador principal. Finalment, cal destacar que ha estat guardonat amb cinc premis de reconegut prestigi, dos d'ells internacionals: el Premi Europeu de la Ford Conservation Foundation (1992), el Premi de Conservació d'Espècies Protegides de la Fundació Vida Marina (2000), el Premi Pew de conservació marina de l'organització Pew Charitable Trusts (2001), el Premi Rei Jaume I a la protecció del medi ambient de la Generalitat Valenciana i la Fundació Valenciana d'Estudis Avançats (2004) i el Premi a la recerca en medi ambient de la Generalitat de Catalunya (2010).

I ara sí.

Doctor Àlex Aguilar Vila, en nom d'aquesta Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, sigueu benvingut i per molts anys entre nosaltres.

Amb el suport de:

