

Durant molt temps, s'ha cregut que els mars eren 'el món del silenci'...

'S'ha tombat alguna vegada en l'aigua, amb les oïdes submergides? En el mar, en la piscina o fins i tot en la banyera, ha notat com els sons es difuminen i com ens envaeix immediatament un profund assossec? Durant molt temps s'ha cregut que els mars eren 'el món del silenci'...

L'oïda humana, en efecte, no està adaptada al medi aquàtic. En aquest ambient aliè a ell, els sons arriben esmorteïts, d'aquí la sensació d'intens benestar que experimentem. En algunes piscines de Suïssa és possible fins i tot deixar-se bressolar al so del cant de les balenes!

I els animals marins, per la seva banda, què perceben? Perquè el seu aparell auditiu, al contrari del nostre, està adaptat al mitjà en el qual es trobin. La qüestió és encara més important en tant que el nivell sonor dels mars ha augmentat considerablement des de fa un segle a causa de l'auge de l'activitat humana: el transport marítim, els sónars militars i industrials o fins i tot les prospeccions de petroli i gas, entre d'altres, generen al cap de decennis un autèntic 'smog sonor' més o menys dens segons els mars del planeta.

Les conseqüències del 'smog sonor'

Com afecta la pol·lució sonora d'origen humà al medi marí? Quin impacte té en particular sobre els cetacis, que necessiten comunicar-se per caçar en grup, delimitar els seus territoris o fins i tot entrar en contacte a distància amb un company? Sabem que el 'smog sonor' els obstaculitza la comunicació. Però de quina forma en concret? En aquest cas, no és cert que afecta greument a les seves facultats auditives? Ara bé, els cetacis exerceixen un paper essencial en l'equilibri dels oceans. Si els amenaça una activitat humana innòcua per a nosaltres, tota la cadena alimentària es desequilibra.

Per respondre a les nombroses preguntes que planteja aquest tema nou, la Fondation Pacifique de Ginebra i el Laboratori d'Aplicacions Bioacústiques (LAB) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) han decidit associar-se per iniciar 20 000 sons sota el mar, un programa exclusiu destinat a cartografiar l'extraordinària abundància de sons dels oceans.

A bord del *Flor de la Passió*

Equipat amb sensors i mitjans de processament i de transmissió de dades, el veler *Flor de la Passió* recollirà en temps real les dades científiques de les quals lamentablement es manca actualment. Aquest programa es desenvoluparà en el marc de *The Ocean Mapping Expedition*, una gran volta al món, alhora científica, socioeducativa i cultural, de quatre anys, de 2015 a 2019.

L'objectiu de *20 000 sons sota el mar* és lliurar a la comunitat científica dades de primordial importància amb la finalitat de comprendre millor un fenomen encara avui molt poc conegut. Consisteix a elaborar mitjans per sensibilitzar al públic en general i als actors polítics i econòmics competents en aquests temes d'importància vital per a l'equilibri dels oceans.

Una picada d'ullet a Julio Verne i a Cousteau

Una picada d'ullet explícita a Julio Verne i al seu esperit visionari, referència evident al comandant Cousteau i a la pel·lícula *El món del silenci*, que han exercit un paper crucial en la conscienciació dels desafiaments lligats al mar, *20 000 sons sota el mar* pretén ser el gresol de noves preses de consciència i, pot ser també, el catalitzador de noves aplicacions tècniques

que es puguin inventar i posar en pràctica perquè els oceans recuperin una mica d'assossec. I amb ells, les criatures que els poblen.

Oceans replets de sons

El medi marí està replet de sons naturals, si bé un nombre creixent de sorolls d'origen humà han contribuït al nivell sonor general actual dels oceans. La magnitud amb què aquests sorolls impacten i afecten al medi i a la vida marins és una qüestió que suscita en l'actualitat enorme interès tant en la comunitat científica com en el públic en general. L'interès dels científics es deriva de la necessitat de comprendre millor el paper de la producció d'aquests sorolls i de la seva percepció sobre el comportament, la fisiologia i l'ecologia dels organismes marins. Els sons d'origen humà, inclosos els necessaris per a l'estudi del medi marí, poden interferir en els sons naturals i biològics, produïts pels mateixos organismes marins. L'interès del públic en general prové principalment dels possibles efectes dels sorolls d'origen humà sobre els mamífers marins, tenint en compte que en general s'accepta la importància del soroll en la vida d'aquestes espècies.

La importància dels sons per als organismes marins

Per als oceanògrafs especialistes en acústica, els sismòlegs marins o fins i tot les prospectoros d'energies fòssils (petroli i gas), el soroll és el mitjà més eficaç disponible en l'actualitat per determinar l'estructura dels fons marins i descobrir reserves noves de petroli o de gas ocultes en el jaç dels oceans. La societat íntegrament ha obtingut importants beneficis d'aquestes activitats pel que fa a coneixements o de les tecnologies que permeten, gràcies als sónars que cartografien els fons marins, el descobriment de reserves substancials de petroli. **Però tant els científics com el públic en general són plenament conscients que els sons representen el mitjà essencial gràcies al com nombrosos organismes marins es desenvolupen en el seu entorn i que els sons constitueixen així mateix el mitjà principal de comunicació, de navegació i de reproducció per a nombroses espècies de peixos i de mamífers marins.** L'estudi dels sons produïts per aquests organismes ofereix nombrosos indicis relatius a la seva biologia i permet extreure conclusions sobre la gestió dels ecosistemes marins.

L'interès, tant del públic en general com de la comunitat científica, en l'impacte dels sons produïts per l'ésser humà sobre els animals marins ha augmentat enormement en els últims anys. La inquietud es basa en el fet que els sons d'origen humà podrien interferir amb els quals produeixen de forma natural els animals marins, a més de causar-los un dany físic. La qüestió és saber en quina mesura els sons d'origen humà afecten a la capacitat dels animals marins per realitzar les seves activitats normals i a llarg termini a la seva capacitat per sobreviure, per reproduir-se i per mantenir poblacions sanes. **És en aquest context de desenvolupament paral·lel a l'acústica i a la sismologia marina, a la prospecció minera i petrolera i a la bioacústica animal es on ha sorgit de la preocupació pels efectes del soroll sobre la vida marina.**

Possibles amenaces al benestar de la vida marina

Els científics coneixen des de fa ja molt temps la naturalesa dels sons que produeix la vida marina. No obstant això, no és sinó després del projecte 'Termometria acústica del clima dels oceans' (Acoustic Thermometry of Ocean Climate, ATOC), en el marc del com els sons d'alta intensitat i de baixa freqüència (definites aquí com a inferiors a 1000 Hz) es transmeten a llarga distància, quan l'atenció del públic en general s'ha dirigit als possibles impactes dels sons d'origen humà sobre els mamífers marins.

De sobte, totes les fonts de producció de sons han estat objecte d'una intensa atenció i han estat percebudes com a possibles amenaces a l'existència i el benestar de la vida submarina. Aquestes fonts no són solament els instruments de cartografia que s'utilitzen en el marc

oceanogràfic, militar o sismològic, sinó també les fonts no intencionades, com el transport marítim, l'activitat costanera o fins i tot la d'esbarjo.

El que cal comprendre bé és que en els oceans els sons els produeix una gamma extraordinàriament àmplia i variada de fonts naturals d'origen biològic i no biològic. Els sons naturals no biològics poden provenir tant del vent i de les ones com de corriments de terres i d'altres fenòmens geològics, de tempestes o dels moviments de l'aigua sobre un escull de coral.

Quin és el seu impacte sobre la comunicació dels animals?

Molts d'aquests sons existeixen des de la formació de la Terra i dels oceans i és molt probable que hagin tingut impacte sobre l'evolució del sistema auditiu dels animals marins i les seves maneres de comunicació. Els sons biològics són així mateix d'origen molt variat i els emeten de forma intencionada o no intencionada nombrosos organismes. Els sons no intencionats inclouen, per exemple, els que produeixen els bancs de peixos quan neden o quan alliberen aire per ajustar la seva flotació. Es creu que els sons intencionats, com el cant de les balenes, els espetecs dels dofins o les vocalitzacions dels peixos es produeixen amb finalitats de comunicació, d'ecolocalització i potser també de cartografia acústica del mitjà per avaluar les característiques físiques. La detecció de sons per part dels vertebrats augmenta clarament en el medi aquàtic. Les capacitats auditives de certes espècies de peixos (*teleostis*) són relativament sofisticades, i nombroses espècies són no solament capaces de detectar els sons, sinó també de determinar la direcció de la qual procedeixen, de detectar un senyal entre sorolls que tendrien a emascarar-la i de distingir entre diferents sons. D'altra banda, es percep una similitud considerable en l'estructura de l'oïda dels vertebrats aquàtics i terrestres. I és clar que l'estructura de base de l'oïda, incloses les cèl·lules sensorials ciliades que transformen les vibracions en senyals elèctrics en el sistema nerviós de tots els vertebrats, va evolucionar molt aviat.

En el medi marí hi ha poca o fins i tot cap llum. I fins a les zones que gaudeixen d'una enorme lluminositat, l'abast de la vista està limitat a causa de la ràpida absorció de les longituds d'ona lumíniques. En conseqüència, si els primers animals aquàtics haguessin disposat solament de sistemes visuals, la gamma d'informacions que haurien pogut recollir sobre el seu entorn hauria estat limitada per l'escassa distància de penetració de la llum en l'aigua. L'evolució d'un sistema auditiu capaç de diferenciar entre sons, de determinar la seva procedència i de detectar els seus components, fins i tot si l'entorn és raonablement sorollós, ha augmentat de forma considerable les possibilitats de supervivència dels animals marins. Hi ha acord a l'hora d'afirmar que tant els humans com els animals aprofiten l'*escenari acústic* i la immensa quantitat d'informacions subtils que aquest proporciona en abundància amb la finalitat de situar el seu entorn. Per extensió, això permet pressuposar que l'aspecte més important de l'oïda no és la comunicació com a tal, sinó la possibilitat de moure's en aquest *escenari acústic*, amb el propòsit de detectar objectes o organismes i de diferenciar entre diferents sons i la seva procedència.

Aprendre del seu entorn i sobreviure

Els sons i la seva detecció apareixen, per tant, com a elements essencials en la vida dels peixos i dels mamífers marins. Molts d'aquests animals utilitzen els sons per comunicar-se entre membres d'una mateixa espècie. Igual d'important és la idea que totes les espècies utilitzen aquests sons per situar-se en el seu entorn i sobreviure. **Per tant, la preocupació hauria de centrar-se no solament en l'impacte de les fonts d'origen humà sobre la comunicació, sinó també en l'impacte general sobre la seva capacitat per extreure la informació del mitjà.** Una qüestió fonamental és saber si l'impacte d'aquests sons d'origen humà sobre els mamífers marins i sobre l'ecosistema marí en general és prou important per

justificar la inquietud tant de la comunitat científica com del públic en general. Si es tenen en compte les dades disponibles, la resposta és que tal interès està sobradament justificat.

No obstant això, els nostres coneixements segueixen sent molt parcials, raó per la qual és importantíssim dur a terme un programa com *20 000 sons sota el mar*, **que ha d'ajudar a establir una base científica que permeti:**

- 1) identificar i classificar automàticament els sons d'origen biològic i no biològic;
- 2) monitoritzar els organismes marins i la dinàmica de les poblacions.
- 3) observar i verificar els efectes dels sons de origen humà sobre els organismes marins en una escala geogràfica i temporal mai abans aconseguida.

Una oportunitat única per estudiar la situació actual

Un programa científic com aquest només és possible si les dades estan disponibles en una vasta escala espacial i temporal. A més, una volta al món de diversos anys després del solc de Magallanes en el marc del projecte *The Ocean Mapping Expedition* de la Fondation Pacifique a bord del veler *Flor de la Passió* constitueix una oportunitat única per dur a terme una veritable avaluació de la situació actual mundial dels sons dels mars i traçar una carta acústica dels oceans. Aquesta permetrà identificar possibles conflictes d'interessos entre les diferents fonts de sorolls i proposar a les parts implicades les solucions concretes destinades a procurar que els oceans recuperin un millor equilibri acústic entre sorolls naturals i silencis.

Objectius científics i aplicacions

Gràcies a l'anàlisi en temps real de les informacions recollides pels equips acústics que porta a bord el *Flor de la Passió* i transmeses als investigadors del Laboratori d'Aplicacions Bioacústiques (LAB) de la Universitat Politècnica de Catalunya, el programa *20 000 sons sota el mar* avaluarà la contribució dels homes i la naturalesa al soroll ambient i dels oceans i descriurà les tendències de fons en relació amb el nivell sonor general, en particular en el que concerneix a les activitats humanes. Posarà de manifest quins són les recerques necessàries per avaluar els impactes del soroll ambient i procedent de diferents fonts (natural, transport marítim, activitat militar, recerca oceanogràfica) sobre les espècies marines, en particular a les zones sensibles des del punt de vista biològic. El programa estudiarà i identificarà les llacunes en les bases de dades existents de sorolls marins i formularà recomanacions en relació a les recerques que s'han de dur a terme per desenvolupar un model de soroll dels oceans que incorpori variables tant temporals com a espacials i de freqüències.

Punts essencials

Encara que el programa *20 000 sons sota el mar* se centrarà principalment en els efectes del soroll sobre els mamífers marins, s'interessarà així mateix per altres espècies (per exemple, els peixos) que formen part de l'ecosistema i de la cadena alimentària de la qual depenen aquests animals. La freqüència dels sons estudiats anirà d'uns pocs hertz a 200.000 Hz (200 kHz), doncs en aquesta amplitud de freqüència hi ha nombrosos organismes marins capaços de detectar sons.

Punts considerats essencials per aconseguir els objectius del programa:

- concentrar les dades existents dels sons i fonts de sons d'origen humà;
- fixar una relació quantitativa entre sons d'origen humà i nivell d'activitat humana;
- fixar un programa de monitoratge a gran escala del soroll dels oceans que abasti una banda de freqüència d'1 a 200.000 Hz;
- complementar el coneixement sobre el repartiment, els esquemes de propagació, les característiques i la classificació dels sons marins biològics i els organismes;

- monitoritzar el soroll dels oceans en regions geogràficament molt diverses amb atenció més constant a les zones d'hàbitat dels mamífers marins;
- examinar l'impacte del soroll dels oceans sobre les espècies no mamíferes de l'ecosistema marí.

Aquest programa de recerca i les seves modalitats de realització han de recolzar-se en un enfocament multidisciplinari i comptar amb la contribució i els coneixements de:

- especialistes en electrònica per a la selecció i el calibratge dels transductors utilitzats en el monitoratge dels sons naturals, biològics i d'origen humà;
- especialistes en física acústica per analitzar les informacions recollides;
- biòlegs marins per observar el comportament de les espècies en relació amb els sons;
- estadístics per al concepte inicial, l'anàlisi de les dades i la seva representació.

El Laboratori d'Aplicacions Bioacústiques (LAB) de la Universitat Politècnica de Catalunya reuneix un grup multidisciplinari d'investigadors els coneixements dels quals abasten el conjunt de les competències i l'experiència necessàries per portar a bon port el projecte.

Equips a bord del *Flor de la Passió*

Per cartografiar els sons dels oceans durant la seva volta al món a vela després de les petjades de Magallanes, el *Flor de la Passió* anirà dotat del **material següent**:

- 1 sistema d'hidròfons remolcats després del veler per l'escolta contínua de sons marins. Cal assenyalar que aquesta cinta d'hidròfons anirà així mateix proveïda d'una càmera que recollirà imatges de la fauna marina i en particular dels cetacis oposats, propensos a apropar-se a jugar al voltant de l'equip;
- sistemes de mesurament de fonts de soroll;
- mitjans informàtics i de comunicació per a la transmissió en temps real i continu de dades recollides, sons i imatges.

Gràcies al desenvolupament de la tecnologia, una vegada que la tripulació del veler introdueix en l'aigua els hidròfons, aquests equips de recollida i transmissió de dades són controlats a distància directament pels especialistes del LAB, mitjançant la tecnologia d'Internet integrada en els mitjans tècnics empleats.

Un lloc web especialitzat

El programa *20 000 sons sota el mar* donarà lloc al desenvolupament i la creació d'un lloc web especialitzat que permetrà seguir la navegació del veler i escoltar especialment:

- sons en directe,
- els enregistraments bruts dels dos mesos anteriors,
- segments pertinents,
- mesuraments de sorolls de diferents llocs.
- l'anàlisi estadística així com les cartes de soroll creades automàticament pels programes informàtics de bord.

Gràcies a la càmera col·locada en la cinta d'hidròfons, el lloc permetrà compartir també amb el públic en general les imatges dels animals marins oposats.

En les escales, difondre els sons del mar

Tant els sons com les imatges dels oceans estan destinats també a ser compartits durant les escales del veler gràcies als equips de difusió i de projecció que el vaixell porta a bord.

En el marc més global de *The Ocean Mapping Expedition*, volta al món en quatre anys —de 2015 a 2019— després del solc de Magallanes, cada escala dóna, en efecte, lloc a l'organització d'una 'comunitat' al voltant del veler, en la qual es presenten al públic en general els diferents programes que constitueixen el projecte.

ANNEX 1: la pol·lució sonora dels oceans

Els darrers cent anys han estat testimonis del desenvolupament dels sons d'origen humà en el medi marí d'una forma sense precedents en relació als deu milions d'anys de l'evolució de l'ordre modern dels cetacis. Per això, és lògic observar que durant aquest últim capítol de la seva història, les balenes i els dofins no han estat en condicions d'adaptar el seu sistema auditiu als sons nous i forts produïts per l'activitat humana.

Aquesta pol·lució sonora dels oceans derivada de l'activitat humana es produeix per:

- el transport marítim,
- les prospeccions i explotacions de petroli i gas en el mar,
- els sonars industrials i militars,
- les fonts acústiques experimentals,
- les explosions submarines i altres activitats d'enginyeria civil submarina,
- el soroll dels avions supersònics.

Aquests sorolls artificials ocupen l'espai físic i acústic dels organismes vius sense que es pugui avaluar de quina manera afecten negativament a l'equilibri dels oceans a curt, mitjà i llarg termini.

El control d'aquestes fonts de soroll constitueix un desafiament científic i implica una responsabilitat important per part de la societat i els governs.

Encara que l'efecte negatiu d'aquests sorolls elevats, com l'activitat industrial, les prospeccions sísmiques o el tràfic marítim s'ha demostrat a través de l'observació de canvis de comportament en certs animals marins, segueix sent difícil de determinar si els sons d'origen humà poden tenir conseqüències mortals sobre aquests.

No obstant això, és clar que aquests sorolls d'origen humà, en diferents nivells d'intensitat, poden afectar negativament a les poblacions de cetacis i traduir-se en el desplaçament d'aquestes poblacions dels seus hàbitats tradicionals, en col·lisions amb vaixells o fins i tot en embarrancaments en massa, seguits de la mort dels individus afectats. Les proves demostren especialment que els sonars d'alta intensitat i els sorolls forts com els produïts pel transport marítim, les prospeccions marines o els estudis sismològics provoquen lesions en els òrgans auditius prou greus per resultar mortals. L'estat actual del coneixement sobre l'efecte del soroll en els mamífers marins i el seu hàbitat és insuficient per comprendre la relació entre, d'una banda, les freqüències, la intensitat i la durada de l'exposició al soroll i, de l'altra, els danys causats.

Tenint en compte esdeveniments recents que han suposat la mort de cetacis, el Consell de la Societat Europea de Cetacis (*European Cetacean Society*) ha emès una declaració de clausura del seu 17è. congrés anual sobre els sons i els mamífers marins en la qual estableix que:

1. la recerca dels efectes del soroll d'origen humà sobre els mamífers marins és urgentment necessària i s'ha de realitzar conforme els patrons més elevats de credibilitat científica i pública, evitant tot conflicte d'interessos;
2. han de desenvolupar-se i posar-se en pràctica mesures de mitigació no invasiva el més aviat possible;

3. el recurs a fonts de sorolls submarins haurà de limitar-se fins que els seus efectes a curt i llarg termini sobre els mamífers marins siguin compresos millor i no s'hauran d'utilitzar en zones d'importància per als cetacis;
4. hauran de desenvolupar-se instruments legislatius que acompanyin l'aplicació de polítiques nacionals i europees en matèria de pol·lució sonora dels oceans.

Aquests elements nous exigeixen una anàlisi dinàmica de la situació que passa pel desenvolupament i la posada en pràctica de noves tecnologies sense frenar els interessos humans ni comprometre la conservació del medi marí, si no volem que l'activitat humana en els oceans es converteixi a curt termini en una posada en dubte definitiva del seu equilibri natural.

Sobre la Fondation Pacifique

La Fondation Pacifique és una organització suïssa sense ànim de lucre, amb seu en Ginebra i reconeguda oficialment com d'*utilitat pública*. Des de la seva creació en 2007, idea, organitza i desenvolupa expedicions temàtiques que combinen programes de recerca científica amb projectes culturals, socioeducatius i de sensibilització sobre el medi ambient; tot això a bord del seu veler, el Flor de la Passió, de 33 metres d'eslora. La Fundació contribueix així a que es conegui millor l'impacte dels éssers humans sobre el medi marí, i ens convida a reflexionar sobre el lloc que ocupem al mar en permetre que qualsevol pugui embarcar-se com a membre de la tripulació i prendre part en l'expedició. Amb aquest propòsit, les seves expedicions es desenvolupen sota un esperit multidisciplinari en el qual s'anima a compartir experiències acompanyades d'accions de comunicació dirigides al gran públic, principalment durant les escales. El seu projecte emblemàtic, *The Ocean Mapping Expedition*, una volta al món en quatre anys (2015-2019) seguint la ruta dels primers navegants del Pacífic, és una ocasió única d'observar i cartografiar l'estat actual dels oceans inspirant-se en l'aventura viscuda pel gran navegant portuguès i la seva tripulació, gesta que aviat complirà 500 anys.