

EL CATXALOT (*Physeter macrocephalus*) A L'ÀMBIT DEL PARC NACIONAL DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

**Luke
Rendell**

School of Biology, University of St. Andrews.
Sir Harold Mitchell Building, St. Andrews,
U.K.

**José M^a
Brotons.**

Asociación TURSIOPS,
Palma.

txemabrotons@asociaciontursiops.org

Rendell, L., Brotons, J.M. (2020). El catxalot (*Physeter macrocephalus*) a l'àmbit del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera. In: Grau, A.M., Fornós, J.J., Mateu, G., Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Des de l'any 2003, el seguiment acústic i per fotoidentificació de la població de catxalots al voltant de les Illes Balears, Balearic Sperm Whale Project (BSWP) que desenvolupen en col·laboració la Universitat de St. Andrews i l'associació TURSIOPS, ha mostrat que les aigües profundes del sud i est de Cabrera, són un hàbitat crític per a aquesta espècie, tant per la elevada densitat d'animals, com per la presència de mascles solitaris juntament amb grups socials de femelles amb cries. A la Mediterrània es troba classificada com "En Perill" per la IUCN, degut a la seva petita mida poblacional i a la seva vulnerabilitat a les amenaces antropogèniques. Una de les grans amenaces, a nivell mediterrani, per a aquests grans cetacis, són les col·lisions amb embarcacions, la qual ha pogut ser constatada al BSWP, amb la detecció d'individus amb danys provocats pels encontres amb vaixells. Es desconeix el nombre total d'animals que perden la vida per aquest motiu i si els que sobreviuen, poden patir canvis a la taxa de fecunditat i com afecta, aleshores, al creixement de la població. A més, l'actitud d'aquests animals d'evitar àrees de densitat de tràfic alt, pot ocasionar problemes de conservació, si aquest tràfic ocorre a regions d'hàbitat crític com a les aigües que envolten Cabrera.

Paraules clau: *catxalot, acústica, fotoidentificació, col·lisions, hàbitat crític, Cabrera*

ABSTRACT

The Balearic Sperm Whale Project (BSWP) is a research collaboration between the University of St Andrews and Asociación TURSIOPS that has been studying the population of sperm whales that uses the deep waters to the south and east of Cabrera since 2003. Using acoustic tracking and photo-identification methods the research has shown that these waters are a critical habitat for this species, evidenced by both high densities and also the presence of both mature males and female social groups with calves. The Mediterranean sperm whale population is classified as "Endangered" by the IUCN because of its small size and vulnerability to anthropogenic threats. One of the gravest threats facing these large whales is being struck by ships, as documented by the BSWP with photographic records of individuals carrying visible injuries resulting from non-lethal collisions. It is however unknown how many animals fall victim to lethal collisions each year, and for those that are injured but survive, the effect of the injury on their fecundity and the subsequent cumulative impact on population growth are also unknown. Furthermore, the mere presence of high levels of maritime traffic can cause conservation issues if it causes animals to vacate critical habitat areas such as the waters around Cabrera.

Keywords: *Sperm whale, acoustics, photo-identification, ship strike, critical habitat, Cabrera*

INTRODUCCIÓ

Des de 2003, el Balearic Sperm Whale Project (BSWP), projecte en col·laboració entre la Universitat de St. Andrews i l'associació TURSIOPS, ha estudiat la població de catxalots al voltant de les Illes Balears. Al llarg d'aquest temps, el projecte ha demostrat que les aigües del sud i est de Cabrera són un hàbitat crític per a la població mediterrània de l'espècie considerada "En Perill" per la IUCN per la seva discreta mida i vulnerabilitat a una àmplia gama de amenaces antropogèniques que són particularment intenses a un fortament industrialitzat i explotat Mediterrani (Rendell i Frantzis, 2016).

El catxalot (*Physeter macrocephalus*) és un cetaci d'aigües pelàgiques que es troba, típicament, a batimetries de 1.000 metres o més, on s'alimenta a profunditats de varis centenars de metres de calamars, principalment, malgrat també pugui incloure a la seva dieta diferents espècies de peixos. La població mundial s'estima, actualment a uns 360.000 individus (Whitehead, 2002). La seva distribució inclou aigües profundes de tots els oceans, des del tròpic, on es concentren els grups socials de femelles, subadults i cries fins als 70° de latitud, on es poden trobar únicament mascles (Rice, 1989). Malgrat que, segurament, existeixen molts de factors subjacents al seu èxit ecològic, dos destaquen en particular. El primer és el gran desenvolupament del seu sistema de producció i recepció de so: el sistema de sonar més intens del regne animal, capaç de produir polsos altament direccionals i extremadament potents, de fins a 229 dB mesurats a un metre (Møhl *et al.*, 2000, Zimmer *et al.*, 2005), que els catxalots empren per prendre coneixement del seu entorn i detectar i perseguir la seva presa (Miller *et al.*, 2004). El segon, és el seu comportament social, amb relacions estables a llarg termini i una estructura jeràrquica de múltiples capes ben organitzada. La evolució d'aquesta estructura social s'ha vinculat amb la incapacitat de busseig profund de les cries, que les deixa vulnerables a superfície, mentre llur mares s'alimenten (Whitehead, 2003).

El coneixement a la Mediterrània sobre el catxalot es remunta a Aristòtil (Aristotle, 2004), que malgrat no fes cap referència a la ubicació exacta de les seves observacions, probablement fossin al nord del mar Egeu, a la Península de Chalkidiki, on encara es poden observar. Emperò, des d'aquell temps, la recerca sobre catxalots s'ha desenvolupat a altres regions, especialment a l'est del Pacífic Tropical (Whitehead, 2003), mentre que la Mediterrània es quedava enrere. Als darrers anys, diferents iniciatives, una d'elles el BSWP, han permès que els coneixements sobre l'espècie al Mare Nostrum s'hagin incrementat notablement.

Les evidències indiquen que la dieta del catxalot a la Mediterrània és basa, quasi exclusivament, en calamars. A molt rares ocasions poden incorporar diferents espècies de peixos o de pops. Per exemple, De Stephanis *et al.* (2008) identificaren becs de calamar a l'estomac d'un individu encallat a les costes espanyoles. En termes generals, es pot considerar que el catxalot actua a la Mediterrània com a la resta dels oceans alimentant-se de calamars meso-pelàgics. L'accés limitat a aquest recurs per part de l'activitat pesquera ha estat, certament, una gran avantatge per a la supervivència de la espècie a les nostres aigües, ja que l'ha aïllat de la degradació sostinguda patida a altres biotes, amb un 85% dels estocs de peixos avaluats sobreexplotats (Colloca *et al.*, 2013).

Existeixen evidències, derivades del seguiment per fotoidentificació, de que la població de catxalots de la conca occidental de la Mediterrània presenta un alt dinamisme, ja que s'han documentat moviments entre les Illes Balears, el mar Lligur i el Golf de Lleó, viatges de més de 400 km, realitzats en menys d'un mes i dues anades i tornades, d'un mateix individu, entre Ligúria i Balears entre agost 1999 i juliol 2004 (Drouot-Dulau i Gannier, 2007). Mitjançant una comparació múltiple de catàlegs d'identificació, inclosos els nord atlàntics i de la trinxera hel·lènica, amb els individus identificats a l'Estret de Gibraltar, es comprovà que 15 de 47 (32%) dels animals albirats a l'Estret s'havien observat a altres punts de la conca occidental, amb una distància màxima entre recaptures de 1.600 km (Carpinelli *et al.*, 2014). L'anàlisi de moviments de 180 individus fotoidentificats a 3 estudis a llarg termini a la part nord de la conca occidental, estimà un rang de moviment típic d'uns 1.000 km, molt similar a les estimes obtingudes a estudis en el Pacífic (Whitehead, 2001), amb moviments anuals tipificats al voltant dels 400-600 km. Al treball de Rendell *et al.* (2014), es documentaren també moviments múltiples entre àrees de concentració al voltant de les Illes

Balears i la Mar de Ligúria (Fig. 1). Conjuntament, tots aquests resultats, mostren clarament que els catxalots es mouen lliurement al si de la conca occidental sencera, malgrat cal considerar un buit crític d'informació les aigües del nord d'Àfrica i les compreses entre les Balears i Algèria i Sardenya/Sicília.

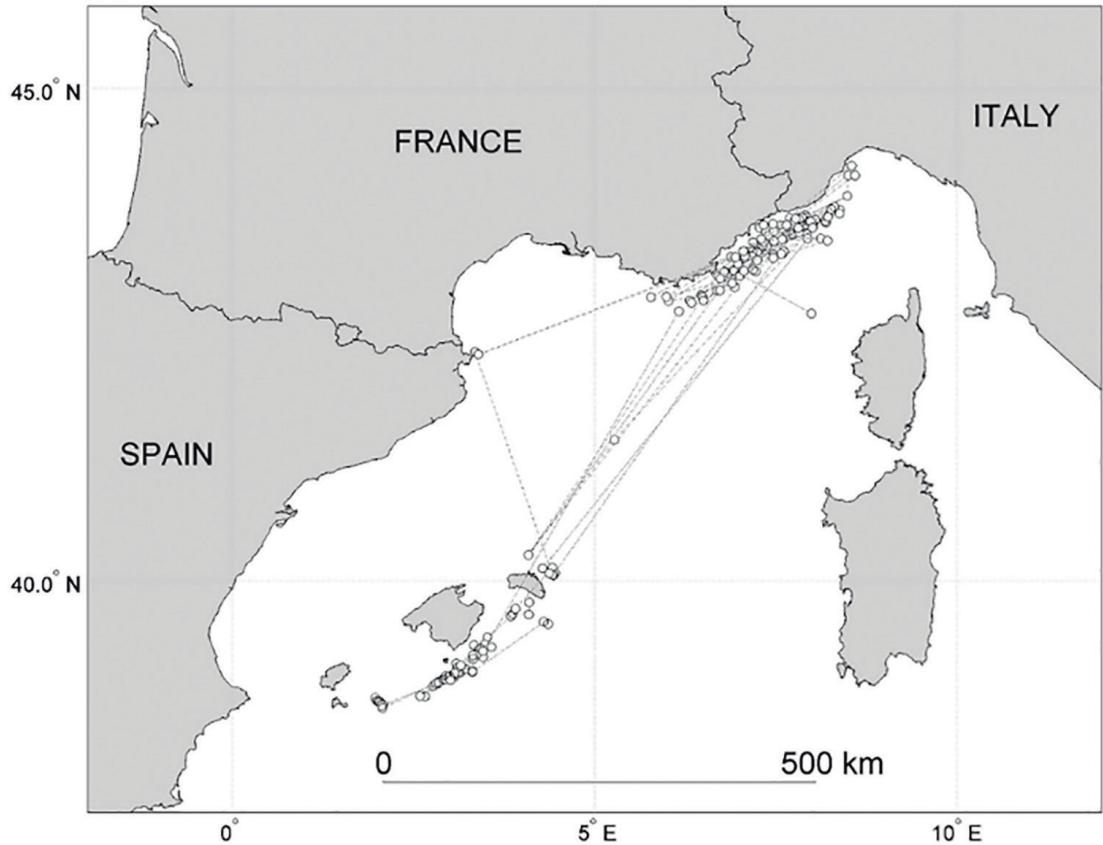


Figura 1. Moviments dels catxalots albirats més d'un any. La localització de l'albirament ve marcada amb o, i les línies discontinues lliguen les identifikacions del mateix individu, Rendell *et al.*, 2014.

És molt complex mesurar amb exactitud la mida d'una població de catxalots, tot considerant que els mostrejos són limitats al temps a l'igual que la cobertura espacial i l'esforç de mostreig. Mitjançant l'anàlisi de 507 fotos d'ales caudals a tota la conca occidental, s'identificaren, entre 1990 i 2008, un total de 180 individus i es pogué estimar la mida de la població, amb una àmplia varietat d'aproximacions analítiques a les que, a cap cas, el límit de confiança superior superà els 900 individus ni l'inferior baixà de 200, tot considerant el biaix de mostreig (Rendell *et al.*, 2014). Aquests estudis assenyalen l'encert d'avaluar la població de catxalot de la Mediterrània com "En Perill" a la llista vermella de la IUCN (Otero i Conigliaro, 2012).

MATERIAL I MÈTODES

Malgrat no dissenyar-se ni dedicar-se exclusivament a l'àmbit del Parc Nacional Marítim Terrestre de Cabrera (PNMTAC), les úniques dades robustes sobre la presència del catxalots a les aigües que envolten l'arxipèlag tenen tres orígens:

- » Les obtingudes als creuers de recerca dedicats als mesos d'estiu des de 2003 fins al 2018 (amb una aturada per manca de finançament en 2009-2011), del "Balearic Sperm Whale Project (BSWP)", projecte dirigit al monitoratge de l'espècie a les Illes Balears i desenvolupat per l'associació TURSIOPS i la Universitat de St. Andrews.
- » Un nombre reduït de transectes lineals acústics i visuals, a diferents estacions de l'any, realitzats per la mateixa associació TURSIOPS, als projectes ESTEMAR I y II, amb el suport de la Fundació Biodiversitat, al 2015 i 2016, que permeten considerar l'aspecte temporal.
- » Els registres acústics del fondeig a l'Emile Baudot d'un hidròfon estacionari al projecte desenvolupat per a la Direcció General de Pesca i Medi Marí del Govern de les Illes Balears, "Estudi de la correlació entre la presència de cetacis i la contaminació acústica al sud-est de les Illes Balears".

La metodologia seguida als creuers del BSWP, es basa al seguiment acústic mitjançant hidròfon de rossec, mentre es realitza una navegació activa sense transectes dissenyats de manera sistemàtica, però amb ampli recobriment a les aigües profundes al voltant Mallorca i Menorca, així com el llevant i el sud de les Pitiüses (Brotons, 2015). La derrota de l'embarcació es registra amb el programa Logger d'IFAW (International Fund for Animal Welfare) connectat a una unitat de posicionament per satèl·lit (GPS12). L'hidròfon de dos components i 100 metres de llargària construït per Nauta, amb sensibilitat de -204dB re 1µPa i resposta fins als 130 kHz es desplega sempre que el vaixell s'ha considerat amb esforç i s'ha mantingut una escolta regular de 4 minuts cada 30 per tal de detectar la presència d'animals mitjançant la identificació dels seus "clics", molt característics.

Per tal d'aprofitar l'esforç de navegació, a les hores diürnes també es realitzà exploració visual constant, malgrat que, degut a la etologia de la espècie, els catxalots foren detectats majoritàriament via acústica. Una vegada detectats s'han monitoritzats fins al seu contacte a superfície tot emprant els programari ISHMAEL (Integrated System for Holistic Multi-Channel Acoustic Exploration and Localization) desenvolupat per la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) dels EEUU i Rainbow Click d'IFAW.

Només s'han considerat encontres aquells contactes acústics que han superat l'hora d'escolta o s'han confirmat visualment. Es pot ampliar detalls de la metodologia a Brotons (2015).

Per comprovar la importància a nivell ecològic per a diverses espècies de cetacis del llevant balear (Brotons, 2015, Pirota *et al.*, 2011), als projectes ESTEMAR I i II es definí des del sud de Formentera fins al nord de Fornells a Menorca, una àrea d'estudi de 5.210,13 mn² a partir de la distribució històrica d'albiraments de cetacis i la modelització de la presència de catxalots (Fig. 2). Per a la seva cobertura es realitzaren 3 campanyes al 2015 i 2 al 2016, de transecte lineal i acústic, fraccionades per un mostreig estratificat per subàrees a partir de la metodologia "Distance Sampling" per a la obtenció d'estimes de les espècies de cetacis detectades.

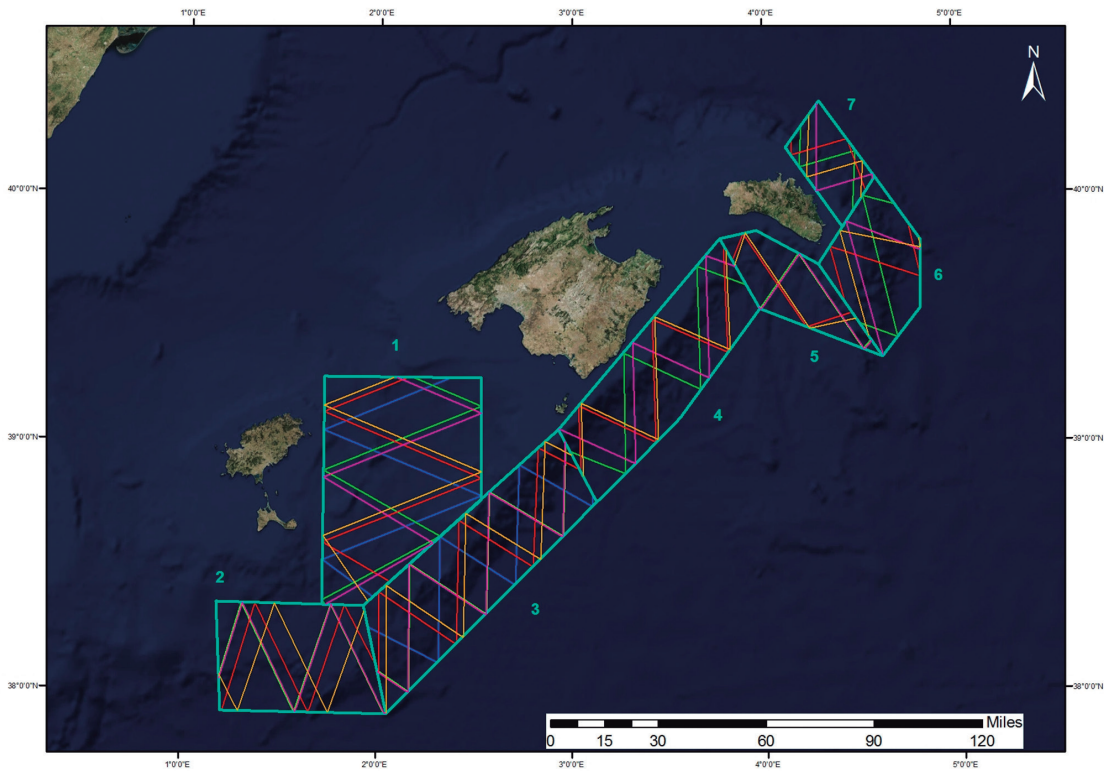


Figura 2. Zona d'estudi dels projectes ESTEMAR I i II i disseny per "line-transect" per a la seva cobertura.

La teoria del "Distance Sampling" (Buckland *et al.*, 2005) tracta d'abordar el problema de la estima de poblacions discretes distribuïdes a grans zones, tot tenint en compte que en ocasions no tots els objectes d'estudi són detectables i que l'àrea d'estudi de la mostra no es coneix a priori. La metodologia del "Distance Sampling" es basa en registrar la distància perpendicular entre cada objecte d'estudi detectat i el transecte o punt on es mostreja. Una vegada finalitzat el mostreig, i a partir de la distribució de freqüències de les distàncies perpendiculars obtingudes, es calcula, mitjançant l'ajust matemàtic, la denominada "funció de detecció".

Atesa la importància de la zona per a l'ecologia del catxalot a la Mediterrània (Pirota *et al.*, 2011, Rendell *et al.*, 2014) i de la valuosa informació que es pot derivar del seguiment per a fotoidentificació, quan al desenvolupament de la metodologia "line-transect" era detectat un individu o grup de l'espècie, s'ha procedit a la monitorització acústica fins al contacte visual, de forma anàloga a les campanyes del BSWP, pel que, de certa forma, les dades són assimilables conjuntament.

L'àrea d'estudi dels projectes ESTEMAR compren les aigües profundes del tal-lus del llevant de les Illes Balears. Per facilitar el disseny dels transectes i comprovar diferències a mesoescala, l'àrea d'estudi es va subdividir en 7 blocs (Fig. 2), dos dels quals, números 3 i 4, inclouen les aigües de l'escarpament Baudot contigües al PNMTAC.

Les campanyes per "line-transect" dels projectes ESTEMAR s'han nodrit de les dades obtingudes per dues metodologies, acústica i visual, que, emprades conjuntament, suposen una important innovació a aquest tipus de treballs.

El procés de presa de dades del mostreig visual es va modificar lleugerament respecte de l'emprat a altres estudis tipus (Cañadas i Hammond, 2008). A l'esforç visual, dos observadors experimentats

es situaren a la proa del vaixell, a 1.5 m d'alçada sobre el nivell de la mar, un a cada banda, cobrint els 90 graus del seu camp de visió des de proa, fins a cada costat respectivament, fent un especial esforç a la zona compresa entre els 0 i 45 graus, per assegurar l'assumpció 1 de la metodologia: "tots els objectes d'estudi situats a una distància perpendicular 0 son detectats amb una probabilitat de 1". L'esforç visual es dugué a terme únicament amb les condicions adequades: força de vent ≤ 3 a l'escala Beaufort, mar de fons ≤ 2 metres i visibilitat ≥ 2 milles nàutiques. Un tercer investigador fou l'encarregat de registrar a un ordinador portàtil a temps real, les dades referents a les observacions detectades com a les variacions a les condicions d'avistabilitat mitjançant el programa Logger 2010 (Gillespie *et al.*, 2011).

A cada albirament, els observadors estimaren angle i distància radial amb respecte a la proa del vaixell. Per a l'estima del angle, s'emprà un angulòmetre construït a tal efecte i col·locat en línia amb la proa. L'estima de la distància radial es realitzà a vista, després d'exercicis d'entrenament. A més de les dades d'angle i distància, s'anotaren dades referents a l'albirament com senyal de detecció, espècie, mida de grup, direcció de desplaçament, comportament, reacció davant la presència del vaixell i presència de cries.

En relació a l'esforç, es registraren les següents variables: força del vent, alçada i direcció de les ones, intensitat i angle de cobertura del reflex de la llum solar, visibilitat i avistabilitat. Aquestes dades s'anotaren cada 30 minuts o cada vegada que alguna d'elles canviava.

Degut a la dificultat d'estimar la mida de grup mitjançant acústica, excepte al cas del catxalot, aquesta metodologia només es va fer servir per a aquesta espècie. L'equip emprat fou molt similar a l'emprat al BSWP i el componia: un hidròfon de rossec de 2 components i 80 metres de llargària, amb sensibilitat -204 dB re 1 μ Pa i resposta fins als 130 kHz i pre-filtre de baixa freqüència dinàmic, un amplificador amb filtre dinàmic de baixes, una digitalitzadora acústica TASCAM US-366 amb taxa de mostreig de fins a 192 kHz i un ordinador portàtil amb el programa PAMGUARD (Gillespie *et al.*, 2008). La distància perpendicular fou estimada a partir de l'eina "Target motion analysis" incorporada al programa PAMGUARD, que permet calcular la distància a la que es troba un animal a partir d'un tren de "clicks" prou nombrós i estable a un cert període de temps.

Per a les estimes de densitat s'ha emprat el mètode CDS: "Conventional Distance Sampling method" (Buckland *et al.*, 2005).

L'estima de mida de grup s'ha calculat amb el mètode de regressió emprat per defecte pel CDS, una regressió entre la mida de grup observada i la distància perpendicular para estimar la mida de grup mitjana de la població, que seria el valor mitjana esperat a distància perpendicular 0. Aquesta aproximació redueix el biaix als casos on, a les distàncies llargues, els grups més petits tenen menor probabilitat de ser detectats que els grups grans.

La selecció final del model s'ha basat al criteri AIC-Akaike Information Criterion (AIC), els resultats dels test "qq-plot" i de bondat d'ajustament (chi-square, Kolmogorov-Smirnov i Cramer-von Mises).

El coeficient de variació es calculà mitjançant l'anomenat "mètode delta", el qual te en compta, de manera conjunta, els coeficients de variació de la funció de detecció, de la taxa d'encontre i la mida de grup.

El mostreig acústic estàtic consisteix en el fondeig permanent d'instruments de gravació autònoma que permeten la identificació de les espècies i, alhora, el registre del renou ambient. Aquest sistema presenta un bon grapat d'avantatges: és independent de les condicions meteorològiques, augmenta extraordinàriament l'esforç temporal, obté mesures reals de renou en ser independent d'un vaixell i no necessita de campanyes de mostreig amb embarcacions com fins fa pocs anys. A l'*Estudi de la correlació entre la presència de cetacis i la contaminació acústica al sud-est de les Illes Balears*, es mantingué un hidròfon, a aquest cas un EAR, fondejat als voltants acústics del PNMTAC.

L'EAR és un dispositiu dissenyat per al registre periòdic de senyals d'àudio submarines i el seu emmagatzemament a un disc dur. Actualment, els nombrosos treballs publicats i el valor de les dades contingudes (Castellote *et al.*, 2012a, Castellote *et al.*, 2012b, Lammers *et al.*, 2008, Lammers *et al.*, 2011) assenyalen a l'EAR com a una potentíssima eina per a l'estudi dels cetacis i de l'energia acústica al medi marí.

El seu disseny més compacte i lleuger que la majoria d'instruments del mercat faciliten la logística del fondejat i la seva recuperació. A més, resulten més econòmics. Desenvolupat pel NOAA Fisheries, Pacific Islands Fisheries Science Center i el OSI (Oceanwide Science Institute) de Hawaii, EEUU, pot programar-se mitjançant una "interface" pròpia amb els diferents paràmetres segons l'objectiu final de la seva instal·lació. És un instrument d'uns 8 kg de pes, de forma cilíndrica, de 60 cm de longitud i 20 de diàmetre. El contenidor, d'alumini, es troba envoltat per un disc de flotació i presenta un extrem de polímer plàstic extraïble on s'ubica l'hidròfon i un interruptor magnètic per a l'activació i desactivació del instrument. Internament, l'instrument consta de varis mòduls per a l'adquisició de la senyal: un convertidor analògic-digital, una memòria flash, un disc dur de 320 Gbytes i un equip de bateries. L'EAR no inclou cap mecanisme d'alliberació i, per al seu fondejat, cal afegir un alliberador acústic a la línia de fondeig. La programació del gravador es fa des d'un ordinador portàtil connectat per port USB a l'enregistrador abans del seu tancament estanc.

Els EAR poden mostrejar a una velocitat de 64.000 Hz, cosa que dona un ample de banda efectiu de 32.000 Hz. Com que l'objectiu del projecte, malgrat tenir certes espècies com a prioritàries, pretenia ser exhaustiu, es decidí que el protocol de gravació fos el més alt suportat per l'aparell. Tot cercant l'equilibri entre reduir les visites de manteniment pel canvi de bateries i descàrrega de disc durs, i el perill de pèrdua d'informació en cas de mal funcionament o extravii del fondeig, s'establí un protocol de manteniment cada 3 mesos.

Amb aquestes premisses, el màxim mostreig suportat pel hardware era de 240 segons per cada 1.800 s. És a dir, 4 minuts de gravació cada mitja hora.

La unitat EAR s'ha fondejat mitjançant una línia de fondeig composta per dos morts de 40 kg units mitjançant 2 metres de cadena, lligats per 2 metres de corda a un alliberador acústic Sonardyne Type 7986 Lightweight Release Transponder (LRT). Aquest s'ha unit amb 2 m de corda, a la que s'ha afegit un flotador de 8 Kg per reduir el pes de l'alliberador, al gravador EAR (Fig. 3).

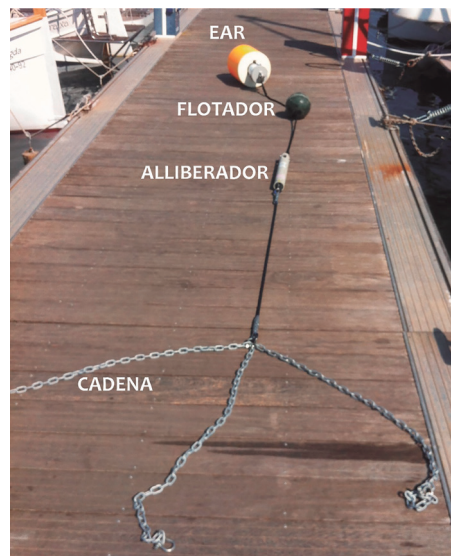


Figura 3. Línia de fondejat d'una unitat EAR.

L'operació de fondejat és senzilla: una vegada posicionada l'embarcació al punt escollit, el llast i l'EAR es despengen per la borda fins quedar submergits. Una vegada confirmat que l'instrument està actiu, s'allibera la corda d'amarrament i es deixa caure el conjunt per gravetat fins el fons. Una vegada al fons, es comprova la comunicació amb l'alliberador mitjançant una senyal de càlcul de distància.

Per a la recuperació, una vegada l'embarcació és a la posició, la unitat de superfície emet un senyal cap a l'alliberador, que aleshores abandona el llast i permet la pujada del conjunt fins a la superfície. Una vegada al vaixell es procedeix a l'obertura de l'aparell, canvi dels disc dur i bateries i fondejat de bell nou.

Els EAR graven el so en format binari (.bin). Els arxius registrats s'han extret del disc dur del gravador i s'han duplicat a discs externs, per a una doble anàlisi: presència de cetacis per un costat i renou ambient antròpic per una altra. A més, aquesta duplicitat funciona com a mesura de seguretat.

Els arxius binaris es processen amb el programa TRITON versió 1.7b.2010_1129_EAR desenvolupat per la SCRIPPS Institution of Oceanography de la Universitat de Califòrnia, per a la plataforma MATLAB (Mathworks Inc, EEUU). Aquest permet assignar data i hora local de l'inici i final de les diferents gravacions i transformar els arxius binaris a format d'àudio natiu (*ewave*) per a la seva anàlisi.

Posteriorment, s'ha procedit a dos tipus d'anàlisi, un per al renou i un altre per a la presència de cetacis.

Per a l'anàlisi per detectar la presència de cetacis, s'ha utilitzat la plataforma Pamguard (Open Source Software for Passive Acoustic Monitoring) de dues formes diferents. Per una banda, s'ha realitzat una anàlisi automàtica tot emprant detectors digitals molt efectius per al registre dels sons característics dels catxalots (Gillespie *et al.*, 2008, Lewis *et al.*, 2007) i altres odontocets. Així, es pot analitzar de forma semiautomàtica i eficient l'immens volum de dades que registren els EAR. A més, s'ha revisat manualment una part dels registres després de l'anàlisi automàtica, per tal de valorar el nombre i volum de la presència dels cetacis, comprovar falsos positius i en general, detectar esdeveniments que es puguin escapar als filtres automàtics.

L'anàlisi automàtica realitzada mitjançant el software Pamguard pretén fer un recompte de tots els sons assimilables a "clics" d'odontocets i a sons modulats d'aquests i del rorqual comú. Una vegada passat el filtre a un paquet d'arxius de so, que engloben per complet un fondejat, aquests "sons identificats" han de ser validats manualment perquè, per tal d'evitar que es perdin deteccions, els filtres deixen entrar el que s'anomenen "falsos positius". Un "fals positiu" és un arxiu que no pertany a les categories cercades però que el programa ho detecta com a tal. Tècnicament, d'aquesta forma, directament només han de reproduir-se els arxius que contenen sons classificats pel programa, facilitant la tasca d'identificació de la presència de cetacis a la zona.

La Fig. 4 mostra una captura de pantalla de l'anàlisi mitjançant Pamguard d'un fondeig. Al gran rectangle horitzontal superior es col·loquen petits rectangles verticals acolorits segons el nombre de "clics" comptabilitzats i la seva freqüència principal. Així, un rectangle blanc indica absència de polsos, i vermell una gran presència. Si s'acolorix a la part inferior, reflexa "clics" de baixa freqüència, mentre que a la part superior, són d'alta, entre un rang de 0 a 32 kHz.

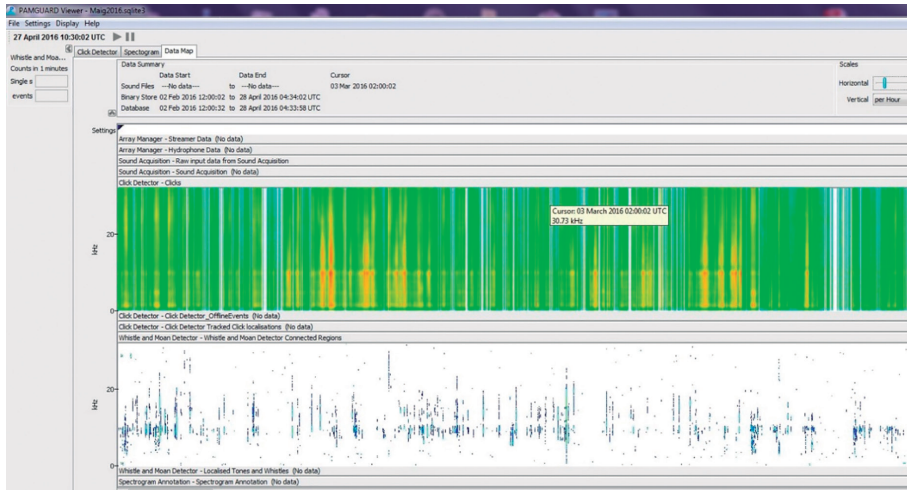


Figura 4. Pantalla de treball de la plataforma PAMGUARD.

Al rectangle inferior, i d'una forma anàloga als "clics", es mostren els sons modulats, com ara els xiulets o les cançons dels rorquals. De igual forma, si són sons de baixa freqüència, es veuen reflectits a la part inferior, i superior si són d'alta. La intensitat no es valora, pel que el color, només és signe de presència, ja que cada so, s'acoloreix de forma distinta al mateix espectrograma, per tal de fer-ho visible.

La línia temporal ve associada al eix X, de tal forma que el primer registre es troba al costat esquerre, i el darrer al costat dret. Aquest eix es pot escalar per tal de percebre de forma més precisa un moment concret, si bé, a la Fig. 4, es presenta, un fondeig complet, amb l'objectiu de presentar una visió global de la detecció positiva de cetacis.

Per a l'anàlisi manual també s'empra la plataforma Pamguard, amb la qual es realitza una anàlisi prèvia que permet, d'una manera semblant a l'anàlisi automàtica, distribuir els arxius a una línia temporal on es mostren de forma gràfica el sons presents a les respectives gravacions (Fig. 5).

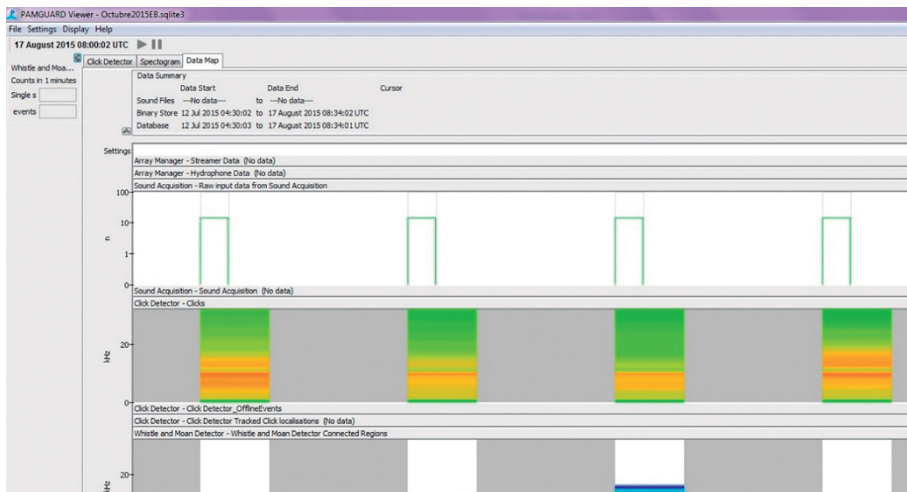


Figura 5. Línia temporal presència de so adquirit, "clics" i "xiulets" per a l'anàlisi manual.

A aquesta pantalla de feina, i a diferència de l'anàlisi automàtica (Fig. 4), es presenten tres rectangles horitzontals. Al superior es pot comprovar el volum de so enregistrat per arxiu, que permet, avaluar si la no presència és deguda a una baixa senyal de l'espectre.

Al rectangle central, cada columna representa la intensitat (segons color) dels sons polsats segons la seva freqüència (alçada a la columna).

I per finalitzar, al rectangle inferior, s'observen els diferents sons modulats enregistrats per freqüència.

A aquesta pantalla descrita s'han anat seleccionant els arxius (columnes) que presentaven característiques pròpies de sons atribuïbles a cetacis, que després s'han obert al mateix programa a través de les pestanyes "Click Detector" (Fig. 6) i "Spectrogram", segons fos sons polsats o modulats, on s'ha identificat la font. A la pantalla "Click Detector" es presenten tots els polsos de l'arxiu seleccionat, prefiltrats per a "Sperm whale" en color vermell i "Delphinid" en color lila. Els "clics" sense identificar s'acolorixen en negre. Per tal d'identificar el grup de polsos, es seleccionen aleatòriament i de forma individual un grapat d'ells, i segons la seva forma d'ona, s'han catalogat a les següents classes, segons la seva aparició:

1. *Stenella coeruleoalba* (dofi llistat).
2. *Tursiops truncatus* (dofi mular).
3. *Globicephala melaena* (cap d'olla).
4. *Physeter macrocephalus* (catxalot).
5. *PM i SC*.
6. No definit.
7. *SC més vaixell*.
8. *TT més vaixell*.
9. *PM més vaixell*.
10. *Vaixell*.

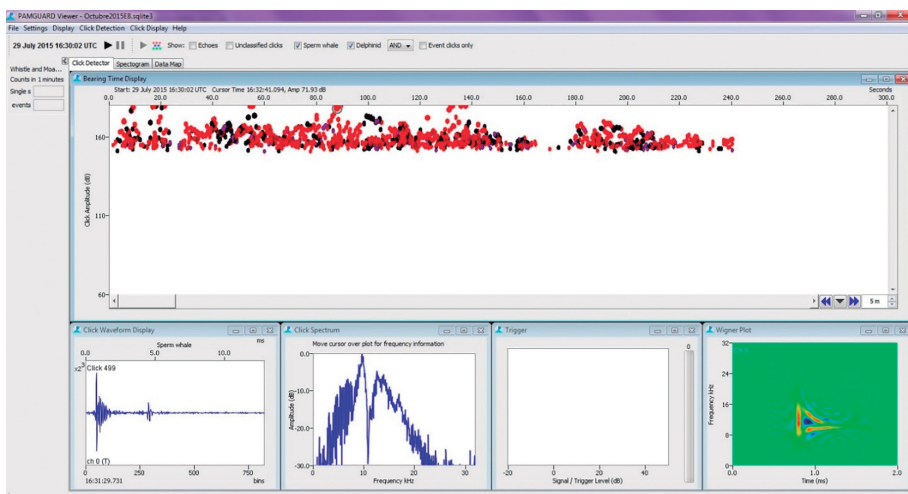


Figura 6. Pantalla d'anàlisi "Click Detector" amb un pols de catxalot seleccionat.

Cada esdeveniment s'ha valorat segons la magnitud del nombre de "clics" registrats entre 1 i 3, essent 3 la màxima activitat acústica i 1 la mínima presència. De forma excepcional, a les classes on apareixia el catxalot (*Physeter macrocephalus*, PM i SC i PM més vaixell), s'ha calculat un nombre mínim, màxim i millor del nombre d'individus de la espècie tot analitzant per complet la gravació i segons els IPI ("InterPulse Interval", Antunes *et al.*, 2010) trobats.

RESULTATS I DISCUSSIÓ

Els catxalots són animals d'una alta mobilitat (Whitehead, 2001, Whitehead i Rendell, 2004), fins i tot al relativament restringit Mediterrani (Carpinelli *et al.*, 2014, Rendell *et al.*, 2014). Les aigües que envolten l'arxipèlag de Cabrera, són, per tant, insuficients per incloure per complet l'àrea de campeig de qualsevol segment de la població, però, observant les densitats a les que són albirats a l'escarpament del sud i est del PNMTAC (Fig. 7) resulta obvi que l'àrea és una part important de l'hàbitat per aquesta població. A la zona s'han albirat tant mascles com grups de femelles amb subadults i cries.

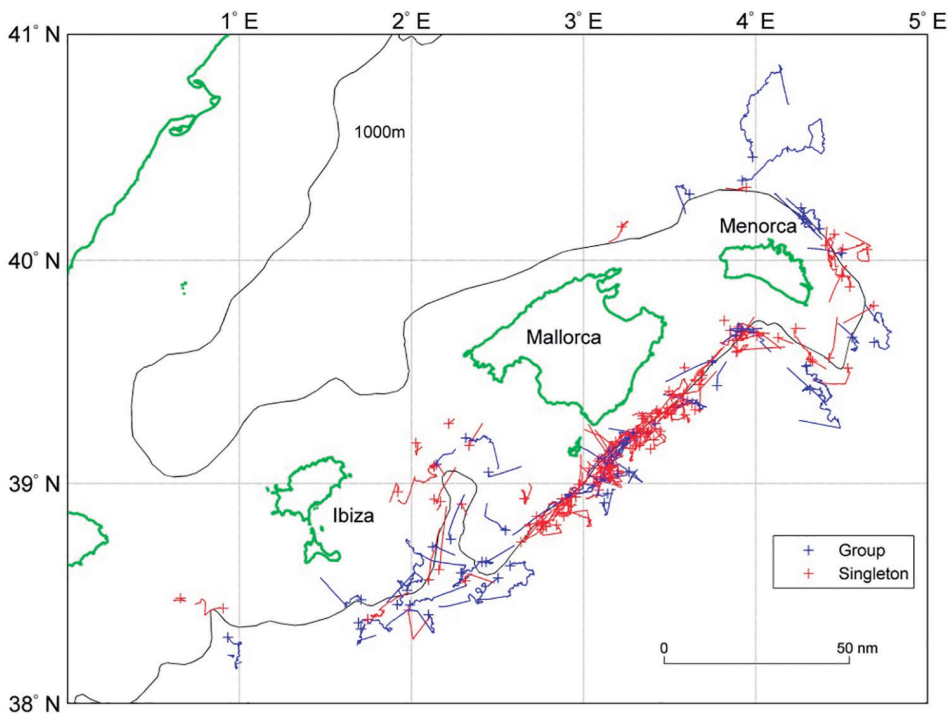


Figura 7. Posicions dels encontres i seguiment dels catxalots detectats entre 2003-2016 al voltant de les Illes Balears. Les cruces indiquen el punt inicial i les línies el seguiment.

El catàleg actual del BSWP conté 125 animals individualment marcats (Fig. 8), però aquest nombre no es pot considerar com un cens complet de la població que empra aquestes aigües, ja que probablement una part molt significativa de la població de la Mediterrània occidental utilitzarà les aigües de Cabrera a qualche moment de les seves vides (Brotons, 2015) i, aquests moments, poden implicar processos de vida crítics com la reproducció i criança, atesa la presència de ambdós sexes i cries a l'àrea.

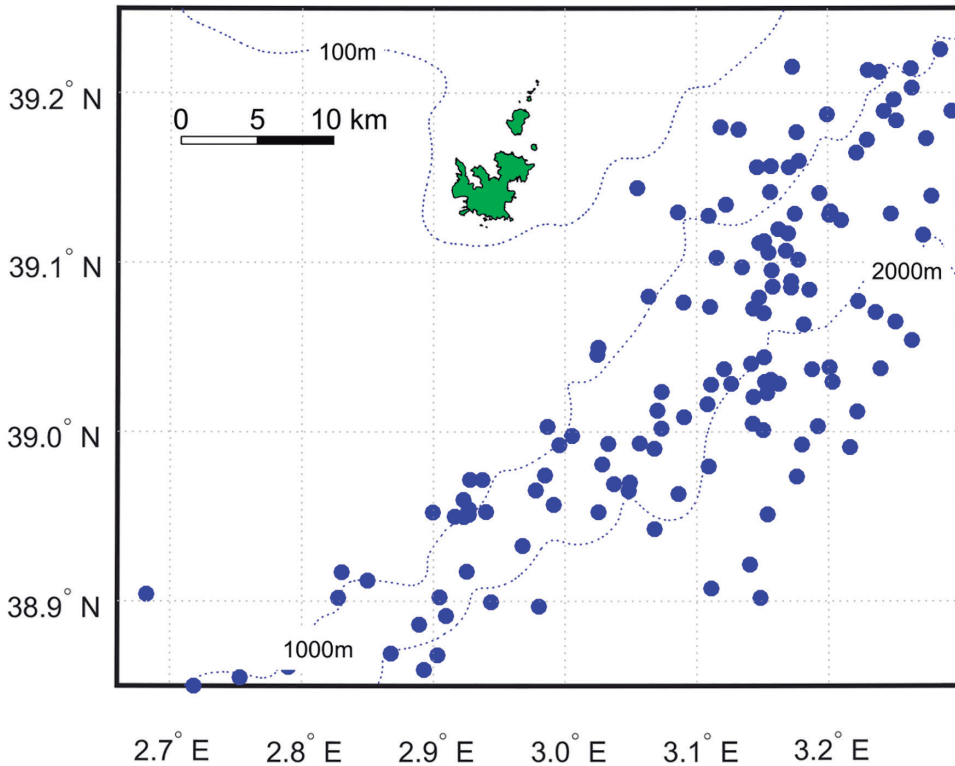


Figura 8. Localització dels catxalots identificats a l'entorn de Cabrera entre 2003 i 2016. Cada punt correspon a la situació de un o més individus contactats en superfície després del seu seguiment acústic. Els contorns de profunditat s'han acolorit en blau.

Les dades obtingudes als projectes ESTEMAR I i II, i exigides per la metodologia del “distance sampling” per la que és necessari disposar d'un nombre suficients d'albiraments per obtenir un nivell de bondat suficient a la funció de detecció, només varen permetre l'anàlisi per a l'estima d'abundància de les deteccions visuals de dofí llistat i les acústiques de catxalot. Tot considerant que la població de dofí llistat és la més nombrosa de totes les poblacions de cetacis presents a la Mediterrània, el fet que només d'aquest i del catxalot es fessin deteccions suficients pel càlcul de la mida poblacional present a les Balears, és indicatiu de la importància d'aquestes àigües a l'ecologia del darrer.

Per a l'estima de l'abundància de catxalots s'analitzaren un total de 78 deteccions acústiques, 46 a les campanyes de 2015 i 32 al 2016. L'ampla de banda efectiu obtingut a partir de la funció de detecció fou de 4,0575 (%I.C.=12,41) i la mitjana de la mida de grup 1,33 (%I.C.=6,57). Les densitats trobades varien entre 0,00581 ind./km² per al mes d'octubre de 2016 i de 0,00234 ind./km² per al mateix mes de 2015, és a dir, una variabilitat anual de 2,48. Emperò, al febrer-març, la variació interanual fou únicament de 1,24 i a la inversa, més abundant al 2015. Sembla ser, aleshores, que no existeix una estacionalitat marcada de la presència del catxalot a l'àrea i que l'ús del llevants de l'arxipèlag Balear (Cabrera inclosa) és continu.

Malgrat que, per zones, al bloc 3 (Fig. 2), vora Cabrera, el catxalot sembla ser més freqüent, l'alta incertesa derivada del coeficient de variació no permet afirmar-ho.

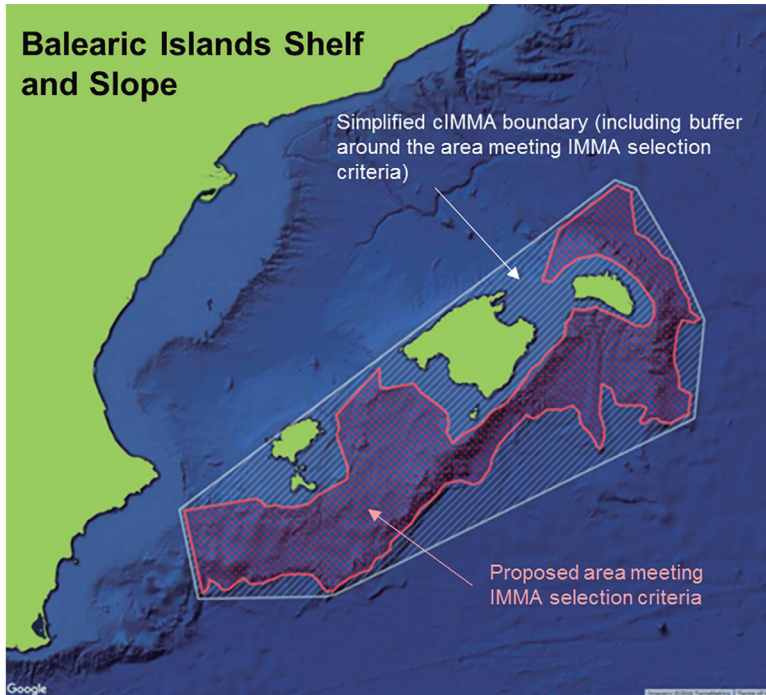


Figura 9. Àrea marina IMMA, “Balearic Islands Shelf and Slope”.

Els projectes ESTEMAR I i II han permès constatar la presència de l'espècie a la tardor i l'hivern. Si històricament ja es coneixia la importància de l'àrea a l'estiu (Pirotta *et al.*, 2011, Rendell *et al.*, 2014) i es defensava la necessitat de protegir l'àrea en cas de constatar la seva presència durant tot l'any (Brotons, 2015), els resultats d'aquestes campanyes confirmen aquest fet i haurien de ser la base pel desenvolupament d'un pla de gestió per a la protecció del catxalots a les aigües de Balears en general i de l'àrea que envolta Cabrera específicament.

La qualitat de les dades recollides mitjançant el seguiment acústic passiu a l'Emile Baudot (*Estudi de la correlació entre la presència de cetacis i la contaminació acústica al sud-est de les Illes Balears*) permet concloure sense cap gènere de dubte, que la presència del catxalot a les Illes Balears és permanent i que per tant, i tal com avançaven altres estudis (Brotons, 2015), és necessari i urgent la creació d'una àrea marina protegida per a la gestió de la espècie, catalogada com *en perill* per la IUNC a la Mediterrània (Otero i Conigliaro, 2012). A partir d'aquesta informació, la zona, denominada "Balearic Islands Shelf and Slope", es va declarar IMMA (Important Marine Mammal Area) a proposta de TURSIOPS, la Universitat de St. Andrews, la Universitat de l'Estat de Washington i el Groupe de Recherche sur les Cétacés (Fig. 9), pel que qualsevol acció presa en pro de protegir la zona, seria de gran importància per a la conservació de la població i la cultura mediterrània del catxalot.

Cal considerar que a un 54% dels registres acústics estàtics a les proximitats de Cabrera s'han pogut identificar “clics” de diferents orígens i que d'aquests, les identificacions de catxalots representen un total del 42,75%. Si es sumen a les classes que inclouen també la seva presència però amb companyia d'altres identificacions (PM i SC i PM més vaixell), s'ha enregistrat la espècie al 47,69% dels registres. Si es compara amb la identificació d'altres classes, la presència del catxalot és el 88% de tots els esdeveniments, essent el cetaci amb major presència a la zona.

Així mateix, no només és la presència contínua de deteccions de catxalot la que fan important aquesta àrea. Cal anotar que, al voltant d'un 30% dels registres de presència, pertanyen a un grup de dos o més individus i que han pogut ser enregistrades “codas” de comunicació. Això significa

que hi ha un ús compartit de la zona per mascles solitaris i grups socials de femelles, subadults i cries, amb la conseqüent importància de l'àrea a la reproducció de la espècie a la Mediterrània.

La presència geogràfica desigual dels grups socials de catxalots és un fet identificat arreu del món (Whitehead, 2003). A les Balears, malgrat trobar-se ambdós grups (mascles solitaris i grups socials), aquests no ho fan per igual a totes les zones, tal i com es pogué comprovar a les campanyes ESTEMAR, on es detectà una major presència de cries a les zones 1, 3 i 7 (Fig. 2), dues d'elles, al voltant de l'Arxipèlag de Cabrera.

Els grans cetacis que habiten la Mediterrània són particularment susceptibles de patir una col·lisió amb una embarcació, degut a l'alta densitat de rutes que creuen zones profundes sensibles. Les conseqüències d'aquestes són, sovint, fatals. La segona meitat del segle passat ha vist expandir de forma vertiginosa el transport marítim que travessa el Mare Nostrum. Actualment 220.000 vaixells de més de 100 tones de registre creuen aquesta mar cada any. Una mar que, malgrat representar només el 0,8% de la superfície marina de la terra, a la darrera dècada s'estimà que hi passaren el 30% dels grans vaixells de mercaderies i un 20% de bucs cisterna amb derivats de petroli. El nombre total de grans bucs de mercaderies que a qualsevol moment el navega és major de 2.000. A més, s'ha de contar amb 9.000 altres vaixells comercials, entre els que hi ha transbordadors, transbordadors ràpids i "hidrofoils" i un exercit incomptable de petites embarcacions de pesca, turisme i oci, que diàriament naveguen les aigües de la Mediterrània occidental. Resulta extraordinàriament difícil conèixer amb exactitud el nivell de mortalitat associat a les col·lisions amb embarcacions car una gran quantitat de víctimes no arriben a costa i, per tant, no queda constància. Aquest problema s'ha identificat a altres zones, com a Canàries, definida com un hàbitat embornal atractiu (Fais *et al.*, 2016), on s'estima que la mortalitat per col·lisions pot superar el nombre de catxalots produïts per any.

A les campanyes del BSWP s'han albirat un nombre important d'individus amb danys d'origen probable a un encontre amb un gran vaixell (Fig. 10). Es desconeix, ara per ara, com la supervivència amb aquestes lesions pot alterar la taxa de fecunditat i associat a aquest fet, al creixement de la població, ja minvat per les mort directes pel mateix fet. Aquestes col·lisions són i és una de les importants raons per la que la IUCN l'ha catalogat com *en perill* (Otero i Conigliaro, 2012). També deu considerar-se que encara que l'animal eviti l'encontre, els catxalots, a l'igual que molts d'altres cetacis, s'allunyen de les àrees de alta densitat de tràfic marítim (Campana *et al.*, 2015), el que pot ocasionar problemes de conservació si aquest tràfic coincideix a regions d'hàbitat crític com les que envolten Cabrera. Els catxalots, degut al seu cicle de vida i lent ritme reproductiu, són molt vulnerables a la mortalitat produïda per causes externes i que la mida poblacional de la conca mediterrània occidental es discreta, al voltant de 400 exemplars (Rendell *et al.*, 2014). Tots aquests factors plegats, podrien suposar que les morts derivades dels atropellaments ocorreguts a l'àmbit Balear, posin en perill la supervivència de l'espècie.



Figura 10. Catxalot albirat amb marques de col·lisions.

En teoria, els problemes de mortalitat derivats de les interaccions catxalots-navegació pot ser mitigat mitjançant restriccions moderades a la velocitat i amb la redirecció del tràfic marítim, però aquestes mesures són complexes d'aplicar. De fet, a Espanya només s'ha imposat una restricció d'aquest tipus, a l'Estret de Gibraltar, on els ferris d'alta velocitat suposen un risc de col·lisió important (Abdulla, 2008). Donat que cada restricció du associada un impacte econòmic, l'Organització Marítima Internacional (IMO), malgrat que es troba compromesa amb la conservació, requereix de dades científiques robustes per proposar canvis de ruta o reduccions de velocitat. Es tracta, per tant, d'una prioritat vital per a la conservació de la població mediterrània de catxalots que empren les aigües al voltant de Cabrera, realitzar estudis dirigits a identificar les àrees d'habitat crític per tal que el tràfic marítim pugui ser apropiadament redirigit.

AGRAÏMENTS

Amb més d'una dècada d'embarcaments per al seguiment de catxalots a les Illes Balears, s'acumulen les persones i institucions que, d'una forma a una altra, han permès el desenvolupament del BSWP. Des dels estudiants de St. Andrews que han col·laborat amb l'anàlisi de les dades fins els ecovoluntaris que amb el seu donatiu i feina a bord, han desenvolupat les campanyes, simplement, gràcies a tots i cadascun d'ells.

REFERÈNCIES

- Abdulla, A., 2008. *Maritime traffic effects on biodiversity in the Mediterranean Sea: Review of impacts, priority areas and mitigation measures*: IUCN.
- Antunes, R., Rendell, L. i Gordon, J., 2010. Measuring inter-pulse intervals in sperm whale clicks: Consistency of automatic estimation methods. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127(5): 3239-3247.
- Aristotle, 2004. *Αριστοτέλης Άπαντα 15. Των περι τα ζώα Ιστοριών*: Cactus Editions.
- Brotans, J., 2015. Catxalots a Balears: una cultura amenaçada. *Monografia de la SHNB*, 20 (Llibre verd de protecció d'Espècies a les Balears.): 326.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. i Laake, J.L., 2005. *Distance sampling*: Wiley Online Library.
- Campana, I., Crosti, R., Angeletti, D., Carosso, L., David, L., Di-Méglio, N., Moulins, A., Rosso, M., Tepsich, P. i Arcangeli, A., 2015. Cetacean response to summer maritime traffic in the Western Mediterranean Sea. *Marine environmental research*, 109: 1-8.
- Cañadas, A. i Hammond, P., 2008. Abundance and habitat preferences of the short-beaked common dolphin *Delphinus delphis* in the southwestern Mediterranean: implications for conservation. *Endangered Species Research*, 4(3): 309.
- Carpinelli, E., Gauffier, P., Verborgh, P., Airoidi, S., David, L., Di-Méglio, N., Cañadas, A., Frantzis, A., Rendell, L., Lewis, T., Mussi, B., Pace, D.S. i De Stephanis, 2014. Assessing sperm whale (*Physeter macrocephalus*) movements within the western Mediterranean Sea through photo-identification. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(S1): 23-30.
- Castellote, M., Clark, C.W. i Lammers, M.O., 2012a. Acoustic and behavioural changes by fin whales (*Balaenoptera physalus*) in response to shipping and airgun noise. *Biological Conservation*, 147(1): 115-122.
- Castellote, M., Clark, C.W. i Lammers, M.O., 2012b. Fin whale (*Balaenoptera physalus*) population identity in the western Mediterranean Sea. *Marine Mammal Science*, 28(2): 325-344.
- Colloca, F., Cardinale, M., Maynou, F., Giannoulaki, M., Scarcella, G., Jenko, K., Bellido, J.M. i Fiorentino, F., 2013. Rebuilding Mediterranean fisheries: a new paradigm for ecological sustainability. *Fish and fisheries*, 14(1): 89-109.
- De Stephanis, R., Cornulier, T., Verborgh, P., Sierra, J.S., Gimeno, N.P. i Guinet, C., 2008. Summer spatial distribution of cetaceans in the Strait of Gibraltar in relation to the oceanographic context. *Marine Ecology Progress Series*, 353: 275-288.
- Drouot-Dulau, V. i Gannier, A., 2007. Movements of sperm whale in the western Mediterranean Sea: preliminary photo-identification results. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(01): 195-200.
- Fais, A., Lewis, T.P., Zitterbart, D.P., Álvarez, O., Tejedor, A. i Soto, N.A., 2016. Abundance and Distribution of Sperm Whales in the Canary Islands: Can Sperm Whales in the Archipelago Sustain the Current Level of Ship-Strike Mortalities? *PloS one*, 11(3), e0150660.
- Gillespie, D., Leaper, R., Gordon, J. i Macleod, K., 2011. An integrated data collection system for line transect surveys. *Journal of Cetacean Research and Management*, 11: 217-228.
- Gillespie, D., Gordon, J., McHugh, R., McLaren, D., Mellinger, D., Redmond, P., Thode, A., Trinder, P. i Deng, X.Y., 2008. PAMGUARD: Semiautomated, open source software for real-time acoustic detection and localisation of cetaceans. *Journal of the Acoustical Society of America*, 30(5): 54-62.
- Lammers, M.O., Brainard, R.E., Au, W.W., Mooney, T.A. i Wong, K.B., 2008. An ecological acoustic recorder (EAR) for long-term monitoring of biological and anthropogenic sounds on coral reefs and other marine habitats. *The Journal of*

- the Acoustical Society of America*, 123(3): 1720-1728.
- Lammers, M.O., Fisher-Pool, P.I., Au, W.W., Meyer, C.G., Wong, K.B. i Brainard, R.E., 2011. Humpback whale *Megaptera novaeangliae* song reveals wintering activity in the Northwestern Hawaiian Islands. *Marine Ecology Progress Series*, 423: 261-268.
- Lewis, T., Gillespie, D., Lacey, C., Matthews, J., Danbolt, M., Leaper, R. *et al.*, 2007. Sperm whale abundance estimates from acoustic surveys of the Ionian Sea and Straits of Sicily in 2003. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(01): 353-357.
- Miller, P.J., Johnson, M.P. i Tyack, P.L., 2004. Sperm whale behaviour indicates the use of echolocation click buzzes 'creaks' in prey capture. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 271(1554): 2239-2247.
- Møhl, B., Wahlberg, M., Madsen, P.T., Miller, L.A. i Surlykke, A., 2000. Sperm whale clicks: Directionality and source level revisited. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107(1): 638-648.
- Otero, M.d.M. i Conigliaro, M., 2012. *Marine mammals and sea turtles of the Mediterranean and Black Seas*: IUCN.
- Pirotta, E., Matthiopoulos, J., MacKenzie, M., Scott-Hayward, L. i Rendell, L., 2011. Modelling sperm whale habitat preference: a novel approach combining transect and follow data. *Marine Ecology Progress Series*, 436: 257-272.
- Rendell, L. i Frantzis, A., 2016. Chapter Two-Mediterranean Sperm Whales, *Physeter macrocephalus*: The Precarious State of a Lost Tribe. *Advances in marine biology*, 75: 37-74.
- Rendell, L., Simião, S., Brotons, J., Airoidi, S., Fasano, D. i Gannier, A., 2014. Abundance and movements of sperm whales in the western Mediterranean basin. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(S1): 31-40.
- Rice, D.W., 1989. Sperm whale *Physeter macrocephalus* Linnaeus, 1758. *Handbook of marine mammals*, 4: 177-233.
- Whitehead, H., 2001. Analysis of animal movement using opportunistic individual identifications: application to sperm whales. *Ecology*, 82(5): 1417-1432.
- Whitehead, H., 2002. Estimates of the current global population size and historical trajectory for sperm whales. *Marine Ecology Progress Series*, 242: 295-304.
- Whitehead, H., 2003. *Sperm whales: social evolution in the ocean*: University of Chicago press.
- Whitehead, H. i Rendell, L., 2004. Movements, habitat use and feeding success of cultural clans of South Pacific sperm whales. *Journal of Animal Ecology*, 73(1): 190-196.
- Zimmer, W.M., Tyack, P.L., Johnson, M.P. i Madsen, P.T., 2005. Three-dimensional beam pattern of regular sperm whale clicks confirms bent-horn hypothesis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 117(3): 1473-1485.