

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

GRADO EN ING. SIST. DE TELECOM., SONIDO E IMAGEN



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

**Dispositiu i mesura del factor de blanc (Target Strength) de la
tortuga Caretta Caretta**

TREBALL FINAL DE GRAU

Autor/a:

Ricardo Císcar Bayarri

Tutor/a:

Isabel Pérez Arjona

GANDIA, 2015

ABSTRACT

L'objectiu principal del present estudi és la mesura del factor de blanc (TS, de les sigles en anglès Target Strength) corresponent a la tortuga *Caretta Caretta*, mitjançant la utilització d'una ecosonda. El valor del TS depèn de l'orientació, tamany i composició de l'objecte, en aquest cas la tortuga, i en aquest treball es desenvolupa un sistema sincronitzat acusto-òptic, on una càmera IP submarina sincronitzada amb una ecosonda Simrad EK60 funcionant amb un transductor monofeix ES10 ens ha proporcionat simultàniament informació sobre el valor del TS i l'orientació de l'animal. La variació del TS en funció de l'orientació s'ha obtingut, posteriorment, processant les dades enregistrades. La variació del TS en funció del tamany de l'animal també s'ha estudiat en aquest treball. Podem per tant definir els objectius del present treball: 1) Disseny i construcció d'un sistema sincronitzat de detecció acusto-òptica per a tortugues marines. 2) Avaluació de la dependència del TS amb el tamany de les tortugues. 3) Avaluació de la dependència del TS amb l'orientació dels exemplars.

The main objective of this study is the measurement of the Target Strength (TS) corresponding to the *Caretta Caretta* turtle species, using an echo sounder. The value of the TS depends on the orientation, size and composition of the object, in this case the turtle, and as one of the main aims, in this work has been developed a synchronized acoustic-optic system based on a submarine IP camera synchronized with a Simrad EK60 echo sounder simultaneously running with an ES10 single-beam transducer, which has provided information about the value of TS and orientation of the animal. TS variation depending on the orientation was obtained subsequently processing the data recorded. TS variation depending on the size of the animal has also been studied in this work. We can therefore define the objectives of this study as: 1) Design and construction of an acoustic-optic synchronized system for underwater turtle detection. 2) Evaluation of the dependence of TS with the size of the turtles. 3) Evaluation of the dependence of TS with the orientation of the specimen.

KEYWORDS: Target Strength, factor de blanc, tortuga *Caretta Caretta*, acústica submarina, ultrasons, ecosonda.

ÍNDEX

	Pàgina
1 – INTRODUCCIÓ	4
2 – METODOLOGIA	7
2.1 – Material i mètodes	8
2.2 – Preparació del sistema experimental	12
2.3 – Presa de dades	15
2.4 – Tractament de dades	17
3 – RESULTATS	19
3.1 EXEMPLAR 1 – 07 de Novembre de 2014	19
3.2 EXEMPLAR 2 – 16 de Febrer de 2015	22
3.3 EXEMPLAR 3 – 25 de Febrer de 2015	25
3.4 EXEMPLAR 4 – 25 de Febrer de 2015	28
4 – DISCUSSIÓ	32
5 – CONCLUSIONS	35
6 – BIBLIOGRAFIA	37
ANNEXE I: Programari per a l'obtenció de fotogrames	39

1 – INTRODUCCIÓ

La tortuga *Caretta Caretta*, també anomenada tortuga boba, és una espècie de tortuga marina que pertany a la família *Chenoliidae*, dins de la classe *Reptilia*. Presenta un cap de gran tamany amb pic i coll molt robustes. Les tortugues adultes tenen un tamany aproximat que varia dels 70 als 95 cm de llargària, encara que poden arribar als 120 cm de longitud, i un rang de pes que varia dels 80 als 200 kg i un pes mitjà de 135 kg [1]. Els mascles adults, en comparació amb les femelles, alcancen un tamany lleugerament major i tenen una cua que pot superar els 30 cm de tamany. El color de la pell de la tortuga *Caretta Caretta* varia entre el groc i el marró i la closca es d'un color marró rogenc [2]. Es un rèptil principalment carnívor i s'alimenta majoritàriament d'invertebrats que habiten al fons marí [3].



Figura 1. Tortuga *Caretta Caretta*, Imatge de "Editorial INBio" (<http://blog.inbio.ac.cr>)

Les tortugues bobes es poden localitzar pràcticament en tots els oceans i mars càlids del planeta, principalment en aigües de clima temperat, subtropical i tropical [3] i en funció del seu cicle de vida poden trobar-se tant en aigües poc profundes com en mar obert. Poden passar aproximadament el 85% del temps submergides, no obstant, la mitjana de les immersions és d'uns 15 a 30 minuts [1], tenint que pujar a la superfície per a agafar aire.

La tortuga *Caretta Caretta*, viu en hàbitats marins i passa la major part de la seua vida dins de la mar en zones costaneres poc profundes, únicament la femella surt de l'aigua per a pondre els ous de manera esporàdica. Malgrat que siga un fenomen de llarga periodicitat, la femella torna a

pondre els ous a la seua platja d'origen, i si en pon diverses vegades torna sempre al mateix lloc. Per tant, les platges de posta són d'especial interès pel seguiment d'aquesta espècie. Les platges valencianes no són un lloc habitual de posta de tortugues bobes, no obstant els dos últims estius hem tingut dos postes, una cada any, a les nostres platges. Cal destacar que les tortugues nounades tenen nombrosos depredadors i els ous són especialment vulnerables tant a depredadors com a organismes terrestres [3].

Les tortugues adultes, en canvi, pràcticament no tenen depredadors naturals i la majoria d'amenaques a què es veuen exposades es deuen a diferents activitats antropomòrfiques com per exemple, podem destacar entre les més importants, la captura accidental degut a tècniques de pesca no selectiva, com la pesca d'arrastre o la pesca amb palangre, els impactes contra embarcacions o la contaminació marina [3].

Pels motius anteriorment citats, entre altres, la tortuga *Caretta Caretta* està inclosa a la llista roja d'espècies amenaçades de la IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) com a espècie en perill d'extinció [4]. És conegut que la detecció i monitoratge d'exemplars d'espècies amenaçades és essencial per a una protecció eficaç de l'espècie [5]. En el cas dels estudis poblacionals de tortugues marines duts a terme en la zona del Mar Mediterrani, s'han realitzat mitjançant observacions aèries o per extrapolacions de captures accidentals d'exemplars [6]. El treball que es presenta en aquest TFG presenta el primer pas cap a una tècnica acústica de detecció de tortugues marines, com una tecnologia més, que ens permeta estudiar les poblacions d'aquests animals, bé en mar obert bé, fonamentalment, en platges de posta o en les proximitats d'instal·lacions submarines.

L'acústica submarina té una infinitat d'aplicacions en diverses disciplines marítimes i navals. Entre aquestes disciplines podem destacar: la navegació, utilitzant sonars per a detectar distància al fons marí, mesura de velocitats, detecció d'obstacles, etc., distintes aplicacions militars, per a la detecció de submarins, interceptors de sonars, etc., aplicacions en geologia marina i realització de mapes del fons marí [7]. La pesca marina també utilitza l'acústica submarina per a la detecció de bancs de peixos, amb la finalitat de facilitar la seua captura; per això es coneguda la instal·lació d'ecosondes en la part inferior de les embarcacions pesqueres.

Per altra banda, també és àmpliament reconeguda l'aplicació de l'acústica submarina per a la realització d'estudis científics, en aquest cas l'objectiu és la identificació de les espècies i la avaluació de la importància quantitativa de la biomassa [7]. Dins de l'àmbit de utilització de l'acústica per a fins científics, es coneguda l'aplicació de l'acústica submarina per a realitzar estudis poblacionals identificant i monitorant cardumens de peixos o qualsevol altre tipus de biomassa submarina i, també, per a estimar paràmetres biològics relacionats amb les diferents espècies [8].

Pel que fa els estudis acústics en tortugues marines, aquests són molt limitats degut a que pràcticament no hi ha cap registre acústic d'aquest animal [9]. No obstant s'ha descobert, com era esperable de les consideracions anatòmiques de l'animal, que son fàcilment detectables mitjançant sonars de detecció acústica i per tant s'han realitzat estudis amb anterioritat per a distingir la diferència de potència acústica entre tortugues i peixos (més concretament per a exemplars de tortuga verda) [9].

Altres estudis s'han dut a terme utilitzant sonars d'escombrat lateral per a detectar tortugues. Els sonars d'escombrat lateral s'han utilitzat en l'última dècada per a detectar altres animals com peixos de gran tamany o fins i tot taurons que naden a prop del fons marí. Alguns d'ells han fet servir aquest dispositiu per a detectar tortugues aquàtiques ubicades en el fons dels caus dels rius obtenint bons resultats [5]. En el cas de les tortugues marines la detecció acústica és més complexa: els estudis que s'han dut a terme a la mar pretenen localitzar les tortugues, igual que en el cas fluvial, al fons marí, fent servir els sonar d'escombrat lateral de la forma convencional, per detectar objectes en el fons. No obstant, un dels problemes existents és que a sovint les tortugues sobre el fons marí es confonen fàcilment amb altres objectes com poden ser roques [10]. A més a més, les tortugues marines, sobretot en el Mediterrani, no es troben habitualment sobre el fons, sinó en superfície solejant-se o al llarg de la columna d'aigua.

En estudis recents s'ha mesurat la resposta acústica d'una tortuga *Caretta Caretta* nadant en llibertat, aprofitant una de les soltes d'exemplars realitzada per l'Àrea de Recuperació i Conservació d'Animals del Mar (ARCA del Mar) de l'Oceanogràfic de València [11]. En aquest estudi es detectà acústicament una tortuga fent servir un sonar d'escombrat lateral. Els estudis anteriors enfocats a la detecció de tortugues en el Mediterrani [12] no havien sigut capaços de detectar la presència d'animals vius, i es limitaven a buscar els animals sobre el fons i no al llarg de tota la columna.

2 – METODOLOGIA

En el present estudi s'ha proposat un mètode per a la detecció acústica de tortugues marines al mitjà aquàtic i s'ha utilitzat per a calcular el factor de blanc (Target Strength) corresponent a la tortuga *Caretta Caretta*. Per a prendre les mesures necessàries s'ha realitzat el muntatge d'un sistema òptic-acústic mitjançant el qual s'ha pogut mesurar el valor del factor de blanc i obtenir la posició instantània de l'exemplar per al qual s'ha realitzat la mesura. D'aquesta manera podem prendre les mesures per a distintes orientacions de l'exemplar en relació al feix emès pel transductor.

A diferència de l'únic estudi previ on s'ha mesurat la potència acústica retornada de tortugues marines (amb exemplars de tortuga verda), en aquest cas els exemplars s'han deixat en llibertat dins de tancs aïllats en condicions controlades. L'estudi citat es va realitzar fixant els exemplars a una estructura per a evitar que es desplaçaren fora del feix [9], amb la consegüent modificació de la potència retornada, ja que la forma de fixar l'animal consistia en una carcassa de fusta que l'envoltava, i el consegüent estrès per l'animal. En el present estudi s'ha considerat la variabilitat del factor de blanc en funció del tamany i de la posició de l'exemplar en relació al transductor, i també s'ha evitat produir estrès a les tortugues a l'hora de realitzar les mesures.

L'estudi s'ha realitzat obtenint els valors del TS (Target Strength) per a 4 exemplars de tortuga *Caretta Caretta*, amb diferents dimensions, i prenent mesures per a diferents posicions de cada exemplar. Tant el tamany com l'orientació dels exemplars està considerada com a una variable de gran influència a l'hora de calcular el TS de diferents espècimens [13] i és precisament el desenvolupament d'un sistema sincronitzat acústic-òptic que ens permetia estudiar de forma quantitativa aquesta dependència, objecte del present estudi.

Per a poder tindre accés als exemplars de tortuga boba s'ha treballat en col·laboració amb l'Àrea de Recuperació i Conservació d'Animals del Mar (ARCA del Mar) de la Generalitat Valenciana les instal·lacions de la qual es troben a l'Oceanogràfic de València, que, des del seu inici ha recuperat més de 200 tortugues al litoral valencià [14]. Les tortugues objectes d'aquest estudi han estat recuperades després d'haver sigut malferides per pesquers i/o col·lisions amb embarcacions.

2.1 Material i mètodes

2.1.1 Sistema acústic submarí

A diferència de la propagació d'ones electromagnètiques per l'aire, la propagació d'ones acústiques per l'aigua és més favorable però a la mateix hora introduïx diferents limitacions [7], entre les quals podem destacar:

- Atenuació de la senyal transmesa.
- La baixa velocitat de propagació en relació a ones de radar en l'espai (1,500 m/s vs 300,000 km/s)
- Deformacions i perturbacions de l'ona acústica degut a heterogeneïtats del medi per interferències entre diferents camins, reflexions en el fons marí, etc.
- Soroll ambiental de l'oceà.

També s'han de tindre en compte les fluctuacions de les condicions mediambientals en el moment de prendre les mesures, entre les que cal destacar la temperatura de l'aigua i la salinitat entre altres [7]. Els sistemes amb els quals s'ha treballat i en concret les ecosondes, tenen un calibratge per a unes condicions de propagació determinades. No sempre és possible fer una nova calibració abans de cada mesura i, fins i tot en el cas de fer-la, les condicions poden variar al llarg de les mesures. Els algorismes que ens proporcionen el valor del TS consideren uns determinats valors per a la propagació de les ones acústiques i les variacions que es tenen sobre les variables que determinen la velocitat de propagació (salinitat i temperatura) modificaran el resultat del TS mesurat, ja que el sistema treballarà sobre hipòtesis incorrectes.

La majoria dels sistemes acústics submarins actius estan dissenyats per a rebre ecos que provenen d'un objectiu determinat. L'ona acústica incident serà dispersada per l'objecte en totes les direccions possibles dintre de l'espai i per tant una porció serà reflectida cap enrere en direcció al transmissor. D'aquesta manera l'objectiu actua com un transmissor secundari de l'ona acústica [7].

L'ona incident en l'objecte es considera com una ona plana, sempre i quan l'emissor i l'objectiu estiguen prou allunyats. No obstant l'ona reflectida s'assumeix com una ona esfèrica radiant des del centre acústic de l'objectiu en direcció al sonar. [7]

2.1.2 Definició de factor de blanc (TS) i nivell de eco (EL, de l'anglès Echo Level))

Definim per tant el TS com la relació entre la intensitat de l'ona reflectida per l'objectiu i la intensitat de l'ona incident.

$$TS = 10\log(I_{bs}/I_i)$$

És per tant la quantitat relativa d'energia enviada cap enrere per l'objectiu cap a l'ecosonda. Per a ser més exactes, la ràtio entre la intensitat incident i la intensitat reflectida inclou també la secció eficaç de l'objectiu vista des-de la font [7]. Esta secció geomètrica definix la potència acústica interceptada per l'objectiu i coincideix amb el producte de la secció amb la intensitat de l'ona incident:

$$P_i(\Theta_i)=A(\Theta_i)*I_i$$

Per tant el factor de blanc o TS també es pot definir com el valor en dB de la retrodispersió de la secció efectiva mesurat a 1 metre de l'objecte [7].

El factor de blanc es un paràmetre que depèn fonamentalment de la composició i de l'estructura de l'objectiu tant interna com externa i també de les diferents característiques de la senyal incident, com l'angle d'incidència i la freqüència. Cal remarcar que quan ens trobem a suficient distància entre la font i l'obstacle, de forma que estem en el camp llunyà tant de l'emissor com de l'objecte i aquest està completament insonificat, el TS no depèn de la distancia de l'emissor a l'objectiu [7].

La resposta acústica d'un objectiu augmenta considerablement amb el contrast d'impedàncies amb el mitjà que l'envolta. Per tant els senyals més intensos provenen de la diferència entre els mitjans aire-aigua. En el cas particular de la utilització de l'acústica submarina per a identificar peixos, la màxima contribució es deguda a la bufeta natatòria, que consisteix en una bossa d'aire de dimensions variables que posseeixen diferents espècies i que utilitzen per a ajustar la flotabilitat

[9]. En el cas de les tortugues marines, aquesta contribució es deguda a la presència de pulmons en l'espècie, que mostra un gran contrast d'impedància amb l'aigua. Altres contribucions significatives son degudes a la closca o l'esquelet, les quals es fan servir majoritàriament per a distingir entre la detecció acústica de peixos.

Definim el nivell d'eco (EL) com la intensitat de l'eco rebut després de la reflexió de l'ona a l'objectiu.

$$EL = SL - 2TL + TS$$

On SL és el nivell transmés per la font, TL son les pèrdues en la transmissió i TS és el factor de blanc de l'objecte.

2.1.3 Descripció del mètode

Instrumentació

Per a realitzar les mesures corresponents s'ha utilitzat el següent material:

- Suport de fixació del transductor al tanc
- Transductor compost single beam de 200 kHz
- Vídeo càmera IP Sony
- Ecosonda SIMRAD EK60
- Ordinador
- Switch
- Alimentador càmera

Les mesures del present estudi s'han dut a terme mitjançant la utilització d'un transductor compost de 200 KHz, single beam, connectat a una ecosonda Simrad EK60 sincronitzada amb una vídeo càmera IP Sony.

El transductor serà l'encarregat d'emetre els polsos acústics i també de rebre l'eco obtingut per la reflexió de l'ona en l'objectiu. A l'hora la càmera serà l'encarregada d'enregistrar les imatges del moment exacte per al qual estem mesurant el factor de blanc; d'aquesta manera podem conèixer la posició exacta de l'exemplar en el moment de la mesura.

L'ecosonda Simrad EK60 és un dispositiu per a detecció acústica de tipus single-beam i amb funció d'autocalibratge. Aquest dispositiu emet polsos ultrasònics mitjançant la utilització del transductor per a mesurar la resposta acústica o factor de blanc així com la distància existent a l'objecte estudiat, entre altres paràmetres.

El transductor utilitzat posseeix un angle d'apertura d'uns 30° i s'ha seleccionat per a tindre en compte la distància de mesura fins a l'exemplar, per a una distància viable en l'interior del tanc. S'ha seleccionat aquest transductor per diverses raons. En primer lloc destaquem que té un angle d'apertura de 30° i és capaç de insonificar la tortuga sencera amb una distància de propagació menor.

D'altra part aquests transductors són prou més econòmics, i a l'hora de considerar la viabilitat del sistema com una ferramenta dirigida cap a ONGs, associacions, fundacions o administracions locals, amb pressupostos limitats, és també un factor a tindre en compte. Per altra banda degut a les limitacions de l'espai de treball marcades principalment per la grandària dels tancs on s'han pres les mesures, s'ha treballat amb un transductor amb el camp llunyà més a prop, com és el cas de l'ES10 per al qual el camp llunyà es troba a uns 30 cm.

Principalment per aquesta raó no s'ha utilitzat un transductor de tipus split-beam, que ens proporcionaria informació sobre la trajectòria de la tortuga i per tant també sobre la seua orientació. S'ha de recalcar que a més de considerar la distància de camp llunyà del transductor els nostres resultats hauran de tindre també en compte la distància de camp llunyà corresponent a la tortuga que com veurem més endavant serà un dels factors limitants en aquest experiment.

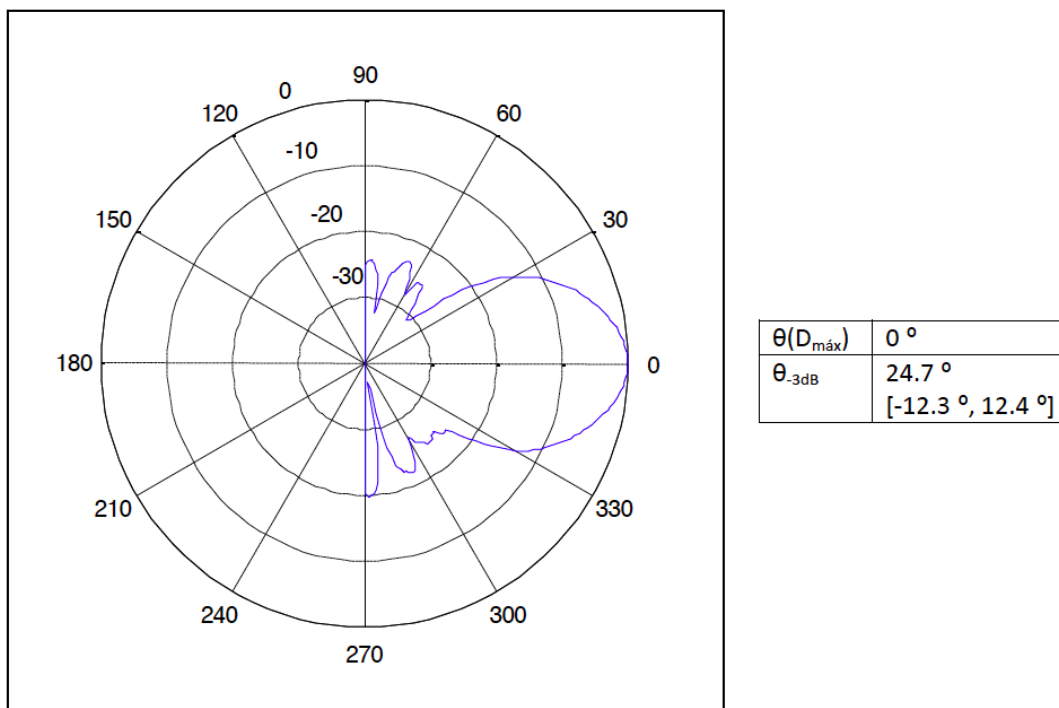


Figura 2. Directivitat en plànol horitzontal a una distància de 300 mm per a una $f=200\text{KHz}$. Estudi realitzat per el departament de física aplicada de la EPSG.

El present estudi s'ha realitzat en tres fases: una primera fase de preparació del sistema experimental, una segona fase de presa de dades i una tercera de processament i tractament de dades.

2.2 – Preparació del sistema experimental

La preparació del sistema experimental i presa de dades s'ha dut a terme durant 3 dies diferents en els mesos de Novembre de 2014 i Febrer de 2015. Els exemplars objectes de l'estudi han sigut mesurats directament als tancs de recuperació on l'Àrea de Recuperació i Conservació d'Animals del Mar de l'Oceanogràfic de València, els té sotmesos als tractaments necessaris abans d'alliberar-los al mar. Cal ressaltar que en cap moment s'ha posat en perill la integritat física i psicològica dels exemplars.

En aquest estudi s'ha calculat la resposta acústica amb, aproximadament, les mateixes condicions mediambientals i utilitzant el mateix equip electroacústic per a totes les mesures. S'han estudiat

diferents orientacions de la tortuga cap al feix per a comprovar també la variabilitat del factor de blanc en funció de l'angle d'incidència de les ones.

En primer lloc s'ha muntat el transductor i la càmera en un mateix suport, compost per una placa de fusta amb dues orificis, per a que estiguin alineats i situats al mateix plànol.

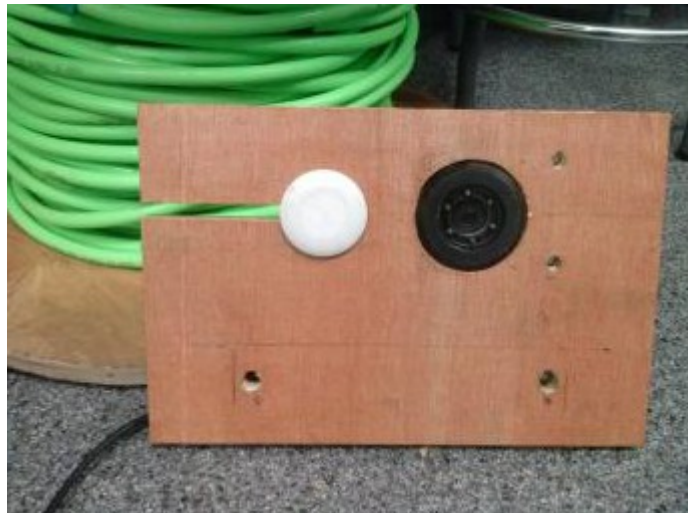


Figura 3. Suport de muntatge del transductor i la càmera

L'angle de col·locació del suport respecte a la vertical és aproximadament de $\alpha=16^\circ$ calculat de la següent manera:

$$\alpha = \cos(A/H) * 180/\pi = \cos(18/18,7) * 180/\pi = 16^\circ$$

Mitjançant la utilització d'una estructura metàl·lica d'acer inoxidable s'ha fixat el suport del transductor i la càmera a la vora del tanc per a que quede submergit a l'aigua. Una vegada tenim el sistema càmera – transductor submergit i col·locat amb la inclinació corresponent per poder mesurar els exemplars, s'han connectat la càmera i el transductor a un switch per a poder distribuir les senyals al PC i a l'ecosonda mitjançant un cable de tipus RJ-45.

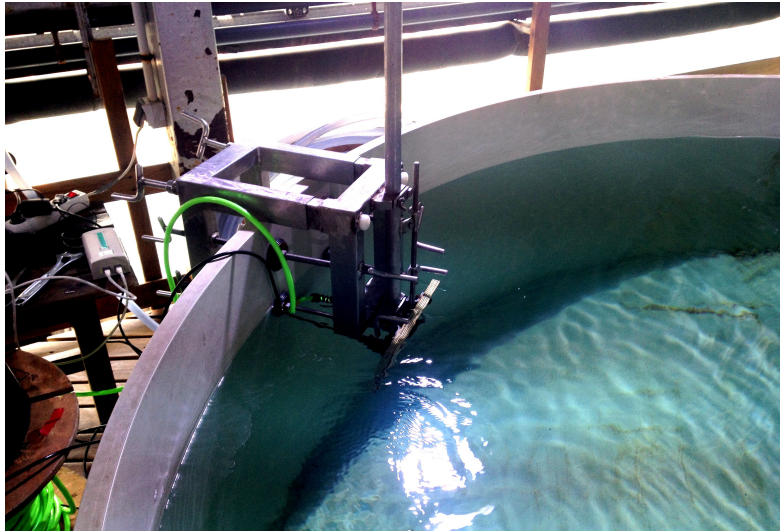


Figura 4. Muntatge del transductor i la càmera al suport metàl·lic

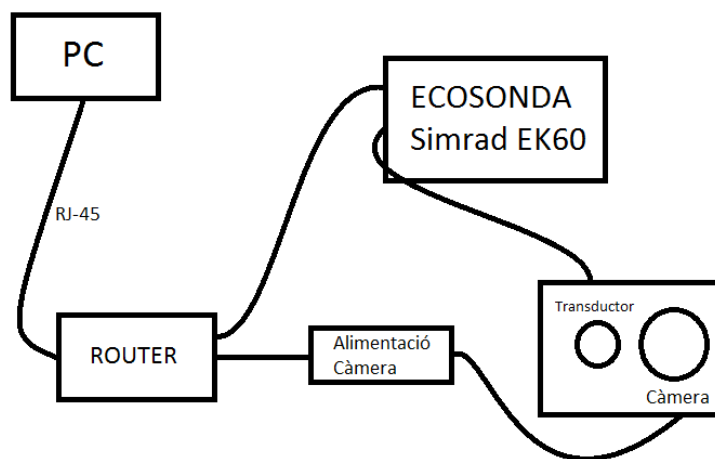


Figura 5. Diagrama de connectivitat dels dispositius de mesura

2.3 – Presa de dades

Una vegada finalitzat el muntatge i realitzada la connectivitat del sistema òptic-acústic, descrit amb anterioritat, al apartat de sistema experimental, s'ha procedit a realitzar la presa de dades.

En primer lloc realitzem unes mesures específiques per a calibrar l'ecosonda mitjançant la utilització d'una bola de calibració. La bola de calibració està composta de coure i té unes dimensions de 13 mm de diàmetre. S'utilitza bàsicament per a calibrar l'ecosonda, així com per a trobar el centre del feix emès pel transductor, d'aquesta manera s'ha pogut detectar la posició per a la qual el transductor està emetent a la màxima potència.

S'ha procedit a mesurar el factor de blanc de la bola de calibració per a cada dia de presa de dades i s'ha comparat el valor obtingut amb el valor teòric (-47,5 dB). S'ha de tindre en compte que la ecosonda pot no estar correctament calibrada al no tindre el guany correctament configurat, per tant és important comparar el valor del factor de blanc obtingut experimentalment per a la bola de calibració amb el factor de blanc teòric de la bola i aplicar aquesta correcció als valors de factor de blanc obtinguts per als exemplars.



Figura 6. Fotograma de mesura del TS de la bola de calibració.

Data	Mesura	Distància	TS Màxim (dB)	TS Màxim (dB)	Valor Teòric (dB)	Diferència (dB)
07/11/14	1	1,65	-52			
07/11/14	2	1,65	-51	-51	-47,5	-3,5
07/11/14	3	1,6	-52			
16/02/15	1	0,8	-50			
16/02/15	2	1,15	-50	-49	-47,5	-1,5
16/02/15	3	1,35	-49			
25/02/15	1	0,8	-49			
25/02/15	2	1	-50	-49	-47,5	-1,5
25/02/15	3	0,9	-52			

Taula 1. Resultats del càlcul del factor de blanc per a la bola de calibració

Seguidament s'ha realitzat la presa de dades dels exemplars. Per això s'ha posat l'equip a prendre mesures durant un període de temps aproximat d'una a dues hores per tal d'aconseguir mesures per a totes les posicions de la tortuga. Per a prendre les mesures corresponents s'ha utilitzat una configuració del transductor amb 25 W de potència, per a disminuir la reverberació, una freqüència de 200 KHz, una durada de pols de 64 µs i amb repetició dels polsos màxima (ping rate max) per a tindre unes traces més definides.

Característiques dels exemplars utilitzats

S'han utilitzat 4 exemplars de tortuga *Caretta Caretta* de diferents edats i tamanys. Els exemplars utilitzats tenen unes dimensions que oscil·len entre els 0,38 i els 0,65 metres de longitud total, mesurada longitudinalment des del cap fins a la cua i entre els 0,48 i els 0,73 metres d'envergadura total, mesurada des de l'extrem d'una aleta fins a l'extrem de l'altra. En quant al pes dels exemplars oscil·la entre els 5,1 i els 19,8 Kg (Taula 2).

Data	Núm. Exemplar	Longitud (m) Cloasca	Envergadura (m) Cloasca	Longitud (m) Total	Envergadura (m) Total	Masa (Kg)
07/11/14	1	0,24 m	0,25 m	0,38 m	0,48 m	4,1 Kg
16/02/15	2	0,39 m	0,32 m	0,44 m	0,56 m	9,4 Kg
25/02/15	3	0,5 m	0,43 m	0,65 m	0,73 m	19,8 Kg
25/02/15	4	0,3 m	0,26 m	0,41 m	0,51 m	5,1 Kg

Taula 2. Pes i tamany dels diferents exemplars mesurats

Condicions experimentals

Exemplar	Data	Temperatura (°C)	Salinitat (g/cm ³)
TORTUGA 1	07/11/14	26,6 °C	37,1 g/cm ³
TORTUGA 2	16/02/15	26,5 °C	38,3 g/cm ³
TORTUGA 3	25/02/15	25,6 °C	39,3 g/cm ³
TORTUGA 4	25/02/15	25,6 °C	39,1 g/cm ³

Taula 3. Condicions experimentals per a cada dia de presa de dades

2.4 – Tractament de dades

El tractament de les mesures s'ha fet mitjançant el software propi de l'ecosonda, Simrad ER60, proporcionat per Simrad, i també amb Sonar Pro, programari propietat de Limdem Data Acquisition per a la interpretació i manipulació d'ecogrames.

Per a estudiar les diferents posicions de les tortugues s'han analitzat els vídeos, enregistrats per la càmera, per tant d'obtindre una selecció de fragments on els exemplars es troben en les posicions requerides per a l'estudi. Una vegada obtinguts els fragments de vídeo corresponents s'ha utilitzat un programa senzill realitzat amb el software Matlab[®] (propietat de Mathworks Inc.) amb la finalitat d'obtindre els fotogrames dels moments adequats en els quals l'exemplar estava en la posició correcta per a prendre la mesura. Aquest programa també ens ha permès dibuixar un cercle damunt del fotograma per a delimitar l'àrea per a la qual la directivitat del transductor és màxima (feix a -3dB) i, d'aquesta forma, poder obtindre els valors necessaris per a una ubicació de l'exemplar en l'interior del feix del transductor. A l'annexe I es pot observar el programa utilitzat.

Una vegada s'han extret, en el laboratori, els fotogrames dels vídeos enregistrats per la càmera, s'ha procedit a identificar els fotogrames que millor representen les distintes posicions de cada exemplar. Mitjançant la utilització de l'hora d'enregistrament sobreimpresa en cada fotograma podem controlar el moment exacte en el qual s'ha pres eixa mesura.

Utilitzant el programari Sonar PRO, s'ha realitzat el tractament de les dades, obtenint els valors de TS (dB) per a una selecció d'instantos on la posició de la tortuga és òptima i, a més, per a una

mostra significativa de cada posició. En la següent figura es pot observar una traça de la tortuga, com a exemple de identificació de l'exemplar i càlcul del TS.

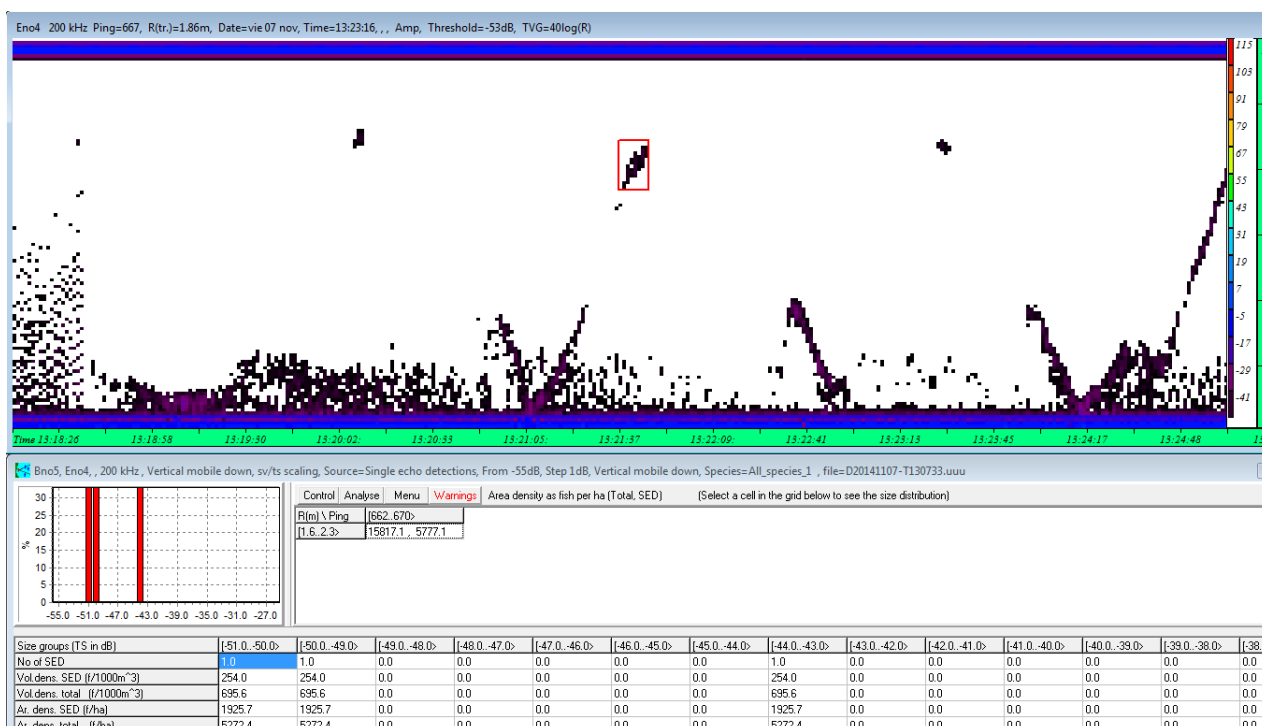


Figura 7. Mostra de l'obtenció d'una traça de l'exemplar

Després d'haver obtingut els fotogrames necessaris per a cada posició, s'ha realitzat el càlcul del TS màxim utilitzant les traces obtingudes en la fase de presa de dades mitjançant el programari Sonar Pro. S'ha tingut en compte principalment el valor de TS màxim per el fet que s'ha utilitzat un transductor single-beam. Aquest valor màxim correspon amb la mesura presa al centre del feix i per tant és el valor òptim, per al càlcul del factor de blanc, al no estar influenciat per la directivitat del transductor. No obstant també s'ha calculat el valor de TS màxim mitjà, obtingut a partir de la mitjana de tots els valors màxims de cada posició. Aquest últim resultat s'ha obtingut principalment per a poder fer una comparativa respecte al valor de TS màxim calculat.

3 – RESULTATS

El resultat fonamental del treball és el muntatge de l'equip òptic-acústic. Amb aquest muntatge s'han obtingut les mesures corresponents del factor de blanc per a cada exemplar. Durant la fase de tractament de dades s'ha reduït l'obtenció del TS per a un nombre limitat de posicions de la tortuga, més concretament per a les següents orientacions: -90° , -45° , 0° , 45° , 90° . D'aquesta manera podrem obtindre el valor del factor de blanc per a diferents posicions i per tant poder observar la variació del TS en funció de la posició.

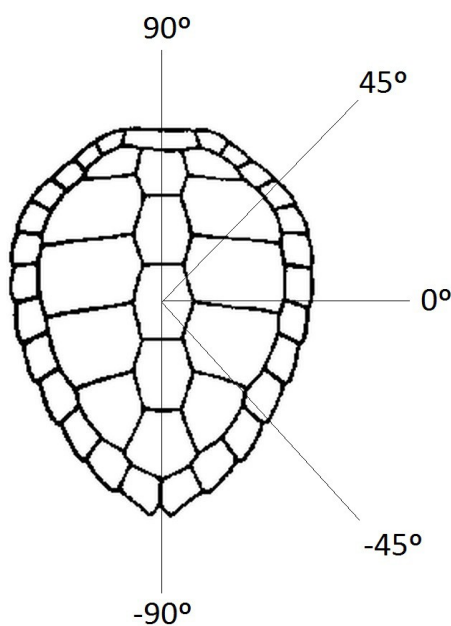


Figura 8. Representació dels diferents angles de mesura dels exemplars

3.1 – EXEMPLAR 1 – Data: 07 de Novembre de 2014

3.1.1 Dimensions exemplar 1

Dimensions Tortuga 1	
Longitud Closca	0,24 m
Envergadura Closca	0,25 m
Longitud Total	0,38 m
Envergadura Total	0,48 m
Masa	4,1 Kg

Taula 4. Dimensions de l'exemplar 1

3.1.2 Condicions experimentals exemplar 1

Condicions experimentals Tortuga 1	
Nº Exemplar	1
Data	07/11/14
Temperatura (°C)	25,6 °C
Salinitat (g/cm ³)	39,1 g/cm ³
Ecosonda	Ek60
Frequència	200 kHz
Potència	25 W
Diàmetre del tanc (m)	6 m

Taula 5. Condicions experimentals exemplar 1

3.1.3 Resultats TS màxim i màxim mitjà exemplar 1

TORTUGA 1 – 07/11/2014						
Posició (°)	Temps (hh:mm:ss)	Distància (m)	TS (dB)	TS Mitjà (dB)	TS Màxim (dB)	TS Màxim Corregit (dB)
0°	13:27:12	1,95	-39	-39,8	-31	-27,5
	13:23:16	1,95	-44			
	13:34:46	3,8	-31			
	13:35:38	1,2	-46			
	13:48:21	2	-39			
45°	13:24:03	5	-37	-38,5	-37	-33,5
	13:25:12	5,25	-37			
	13:36:05	2,86	-39			
	13:49:59	2,65	-41			
-45°	13:51:30	2,15	-43	-38,5	-35	-31,5
	13:25:52	2,3	-40			
	13:33:00	5,2	-35			
	13:50:04	2,5	-36			
90°	13:35:06	2,7	-36	-42,0	-36,0	-32,5
	13:50:43	2,7	-46			
	13:43:36	2,6	-44			
-90°	13:51:21	2,9	-37	-38,3	-37,0	-33,5
	13:52:31	2,6	-41			
	13:54:45	5	-37			

Taula 6. Valors de TS màxim mitjà i TS màxim per a les diferents posicions de l'exemplar. Distància a l'exemplar



Figura 9. Imatge de l'exemplar 1 realitzada amb la càmera IP

3.1.4. Valors de TS màxim exemplar 1

Posició (°)	TS Màxim (dB)	TS Màxim Corregit (dB)
-90°	-37,0	-33,5
-45°	-26	-31,5
0°	-31	-27,5
45°	-37	-33,5
90°	-36	-32,5

Taula 7. Valors de TS màxim en dB per les diferents posicions estudiades de l'exemplar 1

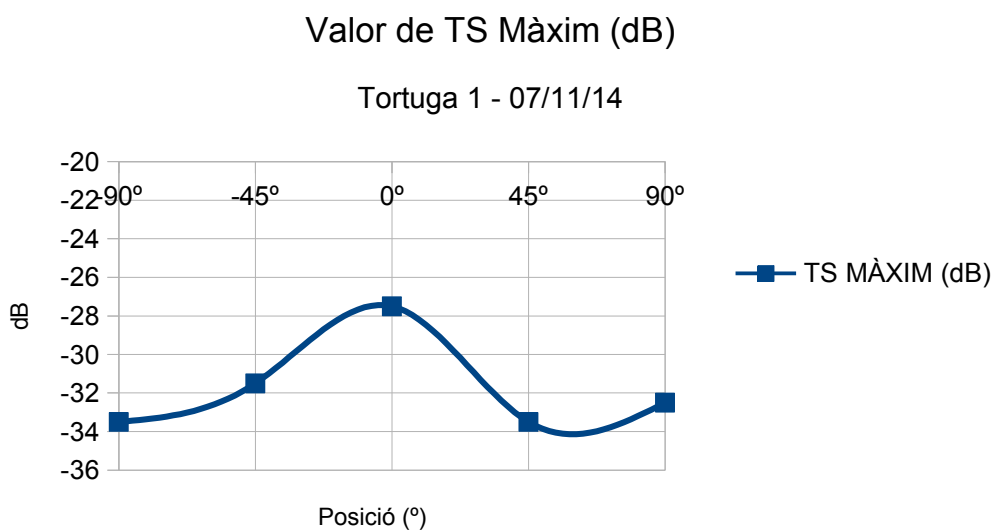


Figura 10. Representació del TS màxim (dB) en funció de la posició (°) de l'exemplar 1

3.1.5 Valors de TS màxim mitjà exemplar 1

Posició (°)	TS Màxim mitjà (dB)
-90°	-38,3
-45°	-36
0°	-39,8
45°	-38,5
90°	-42

Taula 8. Valors calculats de TS màxim mitjà en dB, per a l'exemplar 1 i per a les diferents posicions estudiades.

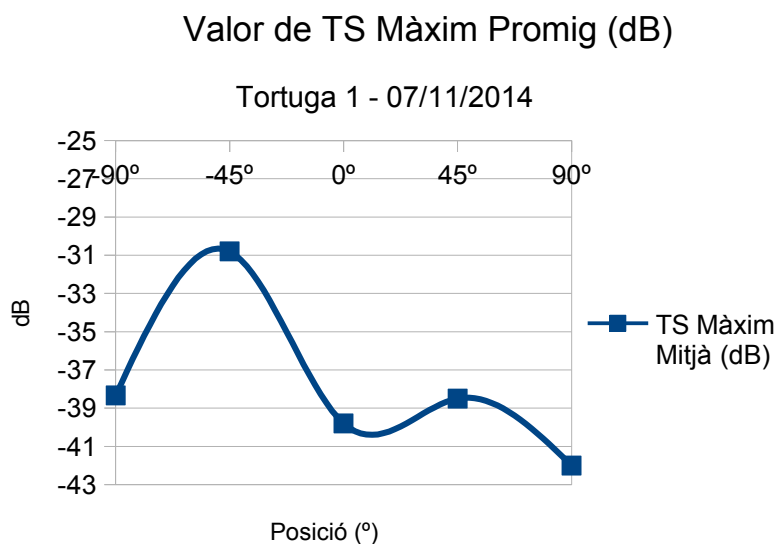


Figura 11. Representació del TS màxim mitjà (dB) en funció de la posició (°) per a l'exemplar 1

3.2 – EXEMPLAR 2 – Data: 16 de Febrer de 2015

3.2.1 Dimensions exemplar 2

Dimensions Tortuga 2	
Longitud Closca	0,39 m
Envergadura Closca	0,32 m
Longitud Total	0,44 m
Envergadura Total	0,56 m
Masa	9,4 Kg

Taula 9. Dimensions de l'exemplar 2

3.2.2 Condicions experimentals exemplar 2

Condicions experimentals Tortuga 2	
Nº Exemplar	2
Data	16/02/15
Temperatura (°C)	25,6 °C
Salinitat (g/cm ³)	39,1 g/cm ³
Ecosonda	Ek60
Frequència	200 kHz
Potència	25 W
Diàmetre del tanc (m)	3 m

Taula 10. Condicions experimentals exemplar 2

A partir d'aquest moment, per condicions alienes al nostre equip, les condicions experimentals es modifiquen. El tanc on s'havia treballat anteriorment, de 6 m de diàmetre, està ocupat per desenes de cistelles individual que contenen tortugues nounades. La delicadesa dels exemplars nounats impedeix la seua manipulació i per tant ja no es pot realitzar les mesures en el susdit tanc, el més adient des del punt de vista acústic, per tal de treballar a una distància suficient. La resta de tancs mesuren 3 m de diàmetre, i aquest fet condicionarà els resultats.

3.2.3 Resultats TS màxim i màxim mitjà exemplar 2. Distància a l'exemplar

TORTUGA 2 – 16/02/15						
Posició (°)	Temps (hh:mm:ss)	Distància (m)	TS (dB)	TS Mitjà (dB)	TS Màxim (dB)	TS Màxim Corregit (dB)
0°	16:26:01	2,5	-36	-34	-31	-29,5
	17:16:55	2,5	-31			
	17:09:21	2,5	-34			
45°	17:28:37	1,3	-34	-34	-31	-29,5
	17:32:56	2	-31			
	17:27:43	1,4	-37			
-45°	17:25:45	2,5	-35	-36	-35	-33,5
	17:06:54	2,4	-35			
	17:26:49	0,5	-37			
90°	17:11:57	2,5	-39	-39	-37	-35,5
	17:07:29	2,45	-37			
	16:34:17	2,6	-40			
-90°	17:26:27	0,54	-41	-39	-38	-36,5
	17:28:41	1,4	-38			
	17:32:58	1,7	-39			

Taula 11. Valors de TS màxim mitjà i TS màxim per a les diferents posicions de l'exemplar. Distància a l'exemplar



Figura 12. Imatge de l'exemplar 2 realitzada amb la càmera IP

3.2.4 Valors de TS màxim exemplar 2

Posició (°)	TS Màxim (dB)	TS Màxim Corregit(dB)
-90°	-38	-36,5
-45°	-35	-33,5
0	-31	-29,5
45°	-31	-29,5
90°	-37	-35,5

Taula 12. Valors de TS màxim en dB per les diferents posicions estudiades per a l'exemplar 2

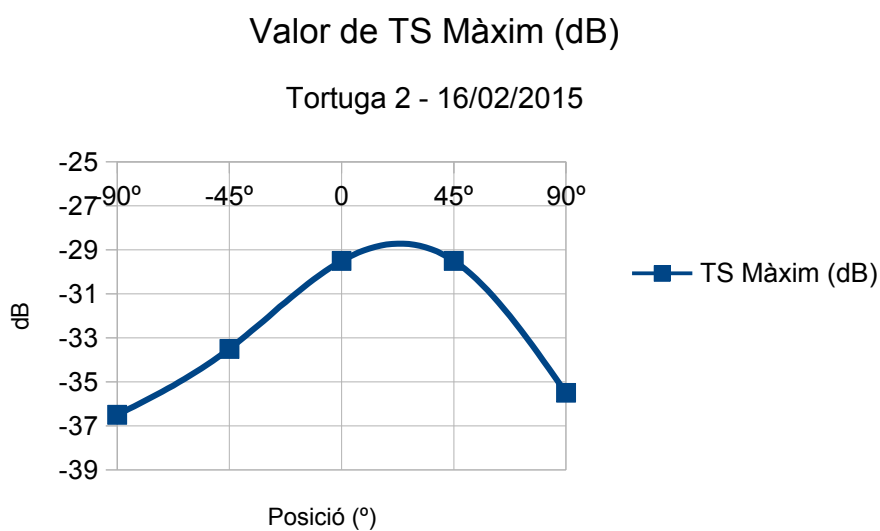


Figura 13. Representació del TS màxim (dB) en funció de la posició (°) per a l'exemplar 2

3.2.5 Valors de TS màxim mitjà, exemplar 2

Posició (°)	TS Màxim mitjà (dB)
-90°	-39
-45°	-36
0	-34
45°	-34
90°	-39

Taula 13. Valors calculats de TS màxim mitjà en dB, per a l'exemplar 2 i per a les diferents posicions estudiades

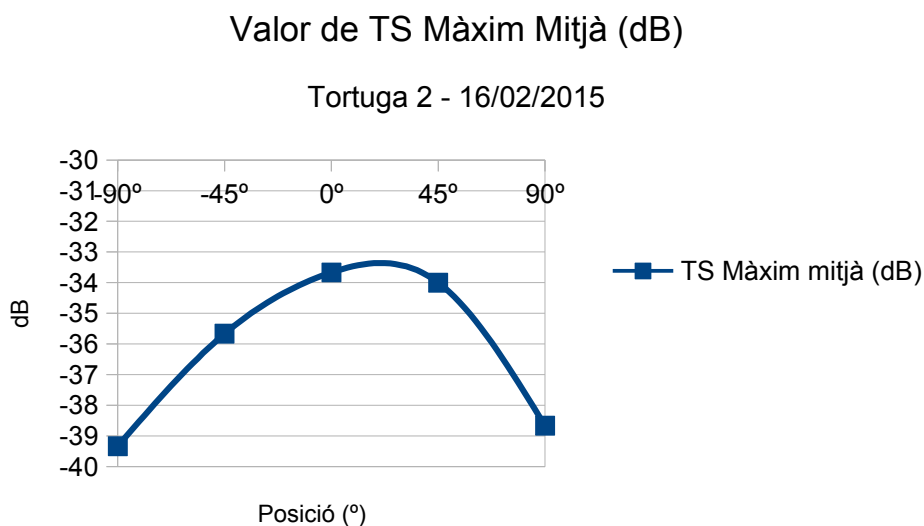


Figura 14. Representació del TS màxim mitjà (dB) en funció de la posició (°) per a l'exemplar 2

3.3 – EXEMPLAR 3 – Data: 25 de Febrer de 2015

3.3.1 Dimensions exemplar 3

Dimensions Tortuga 3	
Longitud Closca	0,50 m
Envergadura Closca	0,43 m
Longitud Total	0,65 m
Envergadura Total	0,73 m
Masa	19,8 Kg

Taula 14. Dimensions de l'exemplar 3

3.3.2 Condicions experimentals exemplar 3

Condicions experimentals Tortuga 3	
Nº Exemplar	3
Data	25/02/15
Temperatura (°C)	25,6 °C
Salinitat (g/cm ³)	39,1 g/cm ³
Ecosonda	Ek60
Frequència	200 kHz
Potència	25 W
Diàmetre del tanc (m)	3 m

Taula 15. Condicions experimentals exemplar 3

3.3.3 Resultats TS màxim i màxim mitjà exemplar 3. Distància a l'exemplar

TORTUGA 3 – 25/02/15						
Posició (°)	Temps (hh:mm:ss)	Distància (m)	TS (dB)	TS Mitjà (dB)	TS Màxim (dB)	TS Màxim Corregit (dB)
0°	09:55:38	2,5	-36	-36	-36	-34,5
	09:56:08	2,5	-36			
	10:50:59	2,5	-37			
45°	10:31:19	2,5	-39	-41	-39	-37,5
	10:07:51	1,8	-42			
-45°	09:59:51	2,5	-31	-38	-31	-29,5
	09:57:35	2,2	-43			
	10:04:02	2,3	-39			
90°	09:59:05	2,3	-42	-41	-40	-38,5
	10:07:52	2	-40			
-90°	10:54:33	1,9	-43	-41	-39	-37,5
	10:23:45	2,5	-39			

Taula 16. Valors de TS màxim mitjà i TS màxim per a les diferents posicions de l'exemplar 3. Distància a l'exemplar



Figura 15. Imatge de l'exemplar 3 realitzada amb la càmera IP

3.3.4 Valors de TS màxim exemplar 3

Posició (°)	TS Màxim (dB)	TS Màxim Corregit (dB)
-90°	-39	-37,5
-45°	-31	-29,5
0°	-36	-34,5
45°	-39	-37,5
90°	-40	-38,5

Taula 17. Valors de TS màxim en dB per les diferents posicions estudiades per a l'exemplar 3

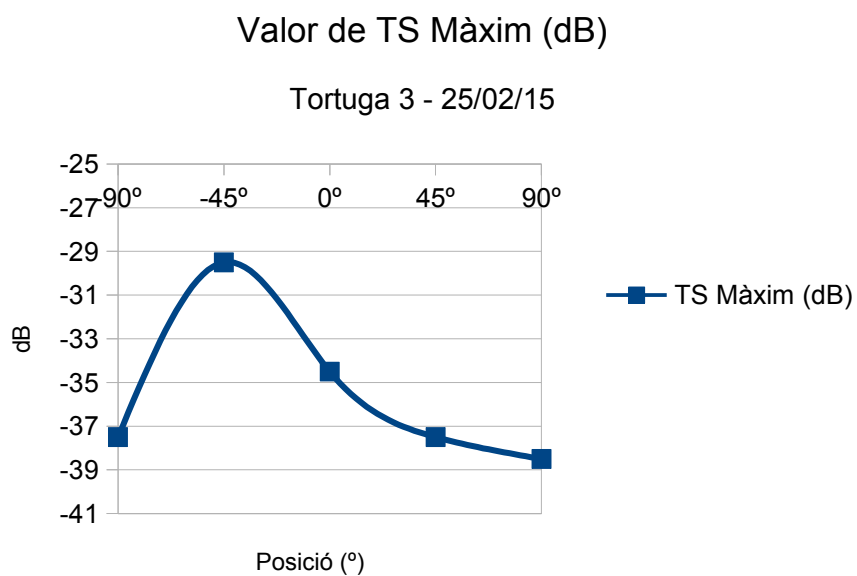


Figura 16. Representació del TS màxim (dB) en funció de la posició (°) per a l'exemplar 3

3.3.5 Valors de TS màxim mitjà exemplar 3

Posició (°)	TS Màxim mitjà (dB)
-90°	-41
-45°	-38
0°	-36
45°	-41
90°	-41

Taula 18. Valors calculats de TS màxim mitjà en dB, per a l'exemplar 3 i per a les diferents posicions estudiades

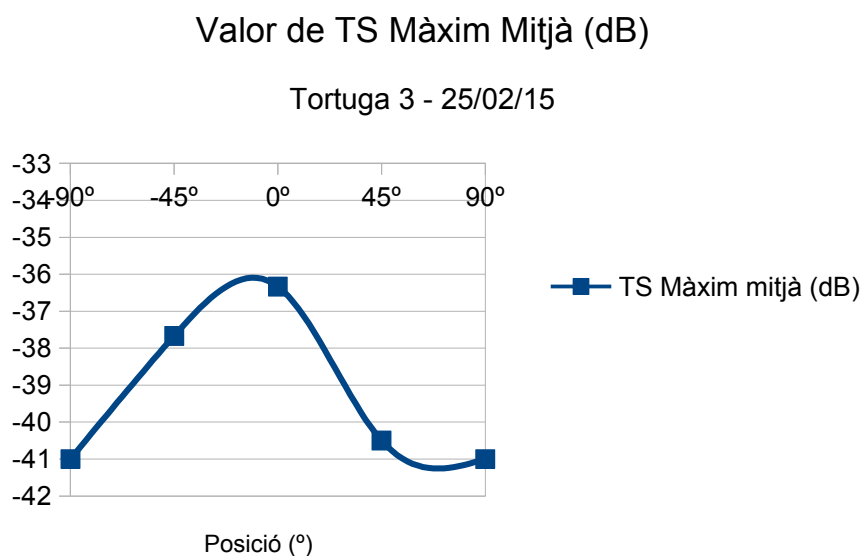


Figura 17. Representació del TS màxim mitjà (dB) en funció de la posició (°) per a l'exemplar 3

3.4 – EXEMPLAR 4 – Data: 25 de Febrer de 2015

3.4.1 Dimensions exemplar 4

Dimensions Tortuga 4	
Longitud Closca	0,30 m
Envergadura Closca	0,26 m
Longitud Total	0,41 m
Envergadura Total	0,51 m
Masa	5,08 Kg

Taula 19. Dimensions de l'exemplar 4

3.4.2 Condicions experimentals exemplar 4

Condicions experimentals Tortuga 4	
Nº Exemplar	4
Data	25/02/15
Temperatura (°C)	25,6 °C
Salinitat (g/cm ³)	39,1 g/cm ³
Ecosonda	Ek60
Freqüència	200 kHz
Potència	25 W
Diàmetre del tanc (m)	3 m

Taula 20. Condicions experimentals exemplar 4

3.4.3 Resultats TS màxim i màxim mitjà exemplar 4. Distància a l'exemplar

TORTUGA 4 – 25/02/15						
Posició (°)	Temps (hh:mm:ss)	Distància (m)	TS (dB)	TS Mitjà (dB)	TS Màxim (dB)	TS Màxim Corregit (dB)
0°	11:15:54	2,5	-42	-38	-32	-30,5
	11:28:15	2,5	-41			
	11:24:45	2,5	-32			
45°	11:17:24	2,5	-41	-43	-41	-39,5
	11:32:56	2,5	-44			
	11:35:19	2,5	-43			
-45°	11:20:06	1,9	-39	-41	-39	-37,5
	11:33:04	1,6	-43			
90°	11:16:27	2,5	-39	-41	-39	-37,5
	11:16:57	2,5	-42			
	11:36:47	2	-42			
-90°	11:22:22	2,5	-37	-39	-37	-35,5
	11:46:43	2	-40			

Taula 21. Valors de TS màxim mitjà i TS màxim per a les diferents posicions de l'exemplar 4. Distància a l'exemplar



Figura 18. Imatge de l'exemplar 4 realitzada amb la càmera IP

3.4.4 Valors de TS màxim exemplar 4

Posició (°)	TS Màxim (dB)	TS Màxim Corregit (dB)
-90°	-37	-35,5
-45°	-39	-37,5
0°	-32	-30,5
45°	-41	-39,5
90°	-39	-37,5

Taula 22. Valors de TS màxim en dB per les diferents posicions estudiades per a l'exemplar 4

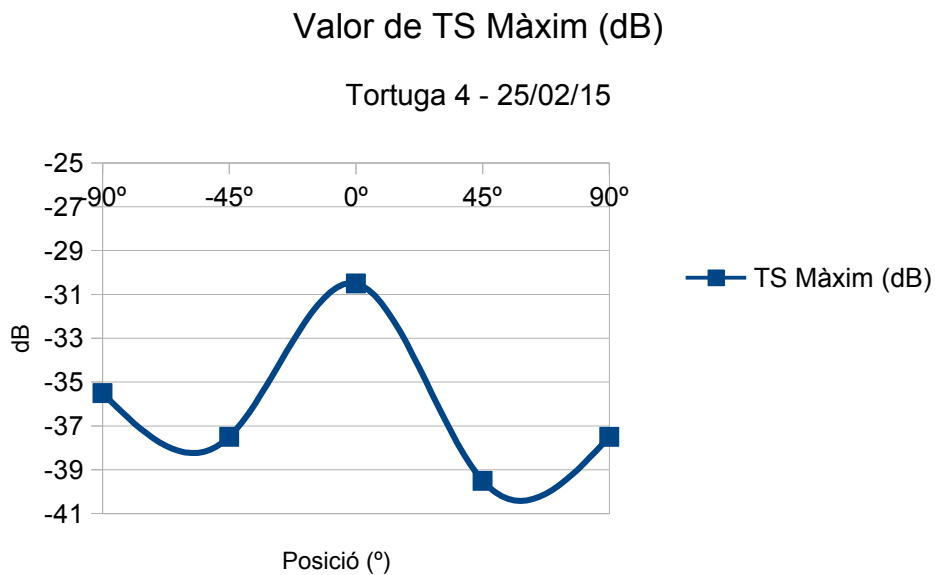


Figura 19. Representació del TS màxim (dB) en funció de la posició (°) per a l'exemplar 4

3.4.5 Valors de TS màxim mitjà exemplar 4

Posició (°)	TS Màxim mitjà (dB)
-90°	-39
-45°	-41
0°	-38
45°	-43
90°	-41

Taula 23. Valors calculats de TS màxim mitjà en dB, per a l'exemplar 4 i per a les diferents posicions estudiades

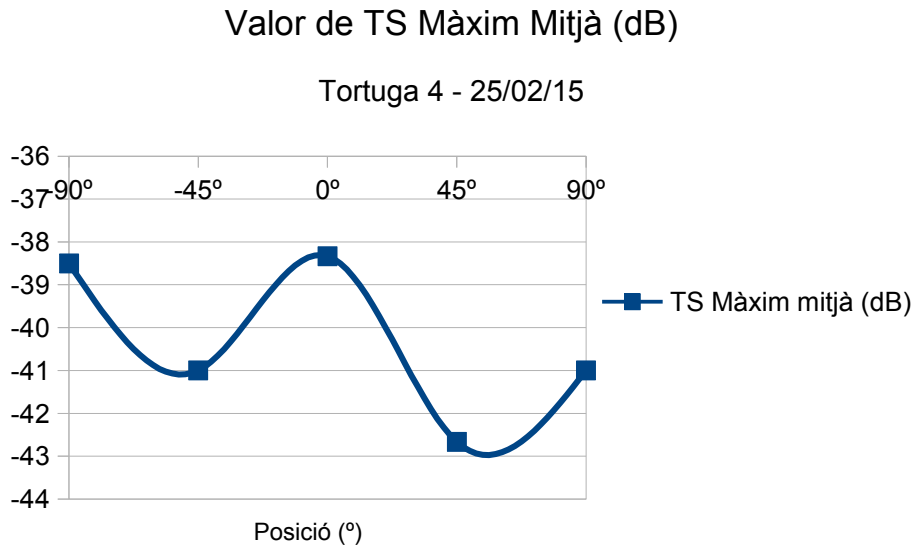


Figura 20. Representació del TS màxim mitjà (dB) en funció de la posició (°) per a l'exemplar 4

4 – DISCUSSIÓ

En aquest treball s'ha dissenyat per primera vegada un dispositiu acusto-òptic per mesurar el TS de les tortugues marines en funció de la seua orientació i posteriorment s'ha aplicat per mesurar el valor del TS per a 4 exemplars de diferents grandàries i en diferents posicions. Com a part de l'estudi s'ha comparat el factor de blanc per a diferents posicions d'un mateix exemplar i a més s'ha comparat el valor de factor de blanc màxim calculat per les diferents grandàries dels exemplars estudiats.

En la següent gràfica es pot observar la variació de TS màxim en dB per als exemplars de diferents tamanyos i per a les diferents posicions de cada exemplar.

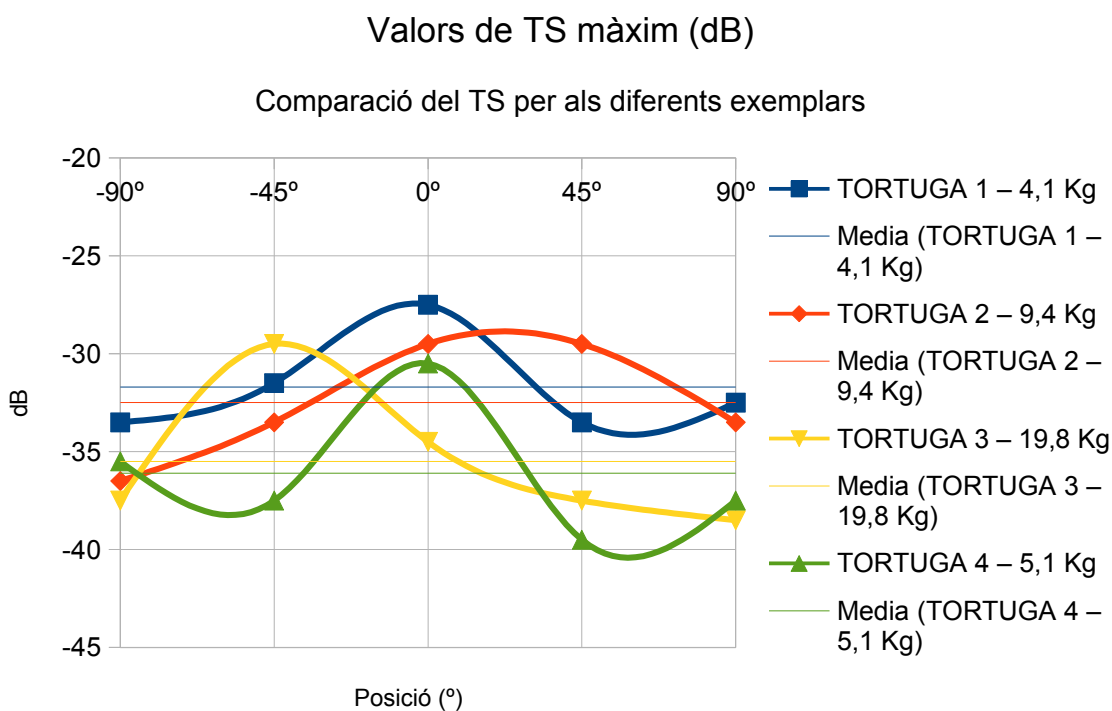


Figura 21. Representació del TS màxim mitjà (dB) en funció de la posició (°) per a l'exemplar 4

Com es pot observar a la gràfica, els valors de TS màxim calculat per als 4 exemplars oscil·len entre -27,5 dB i -30,5 dB. El TS màxim obtingut per a cada exemplar en les distintes posicions es troba per a orientacions de -45° a 45°.

Els resultats obtinguts per als exemplars 1 i 4 són prou consistents degut a la clara similitud del TS calculat per a les diferents posicions dels dos exemplars. Observem que per als exemplars 1 i 4 hi ha un màxim clar del TS per a la posició de 0°. Aquests exemplars tenen un tamany similar amb una massa de 5,08 Kg i 5,5 Kg. Podem observar que són els exemplars més menuts de tots els mesurats, i per tant, per als quals les aproximacions amb què estem treballant, i que corresponen a les situacions amb què treballem habitualment a l'entorn natural, són més adequades. Ens trobem a distància suficient com per trobar-nos en el camp llunyà de l'objecte (la tortuga). Les divergències trobades en els altres exemplars, que a més a més foren mesurats en els tancs menuts, són probablement degudes a què la distància fins a la tortuga és insuficient.

La diferència entre els valors obtinguts en diferents mesures per a una mateixa orientació pot ser deguda, entre altres coses, a la variabilitat d'alguns factors crítics que influeixen notòriament el factor de blanc de les tortugues al medi aquàtic. Com s'ha explicat amb anterioritat al present document, el valor del factor de blanc de les tortugues marines està determinat per l'aportació de la closca i, principalment, per la presència de pulmons en l'espècie. Un dels principals factors és la quantitat d'aire que tenen als pulmons degut al gran contrast d'impedància que mostra l'aire dels pulmons respecte a l'aigua.

Per aquest motiu és interessant recalcar que la quantitat d'aire als pulmons varia en funció de la profunditat i del temps de submersió i per tant depenent d'aquest factor s'ha obtingut un valor de factor de blanc diferent per a la mateixa posició d'un mateix exemplar. Si, com és el cas, treballem amb exemplars relativament grans (respecte el tamany del feix acústic) no tots la regió pulmonar estarà insonificada amb la mateixa potència incident, i per tant açò augmentarà la variabilitat dels resultats. Com es pot observar per a tortugues de major tamany, com és el cas dels exemplars 2 i 3, la diferència en el valor del TS, per a la mateixa posició de cada exemplar, és major.

Com acaba de comentar-se, un factor decisiu a l'hora d'obindre el valor del factor de blanc d'un exemplar és la superfície insonificada del propi exemplar. És important que l'exemplar estiga dins del feix del transductor per tant s'ha de tindre en compte, segons el diagrama de directivitat, la distància per a la qual la potència no disminueix per baix de -3 dB per a insonificar l'exemplar complet. D'aquesta manera, s'ha respectat la distància marcada per el diagrama de directivitat del transductor i no s'ha insonificat parcialment la tortuga al trobar-se l'exemplar en camp llunyà al moment de la presa de dades. Cal ressaltar, per tant, que s'han descartat les mesures obtingudes

per a una distància de treball, entre el transductor i l'exemplar, de menys de 2 metres, intentant treballar amb les millors mesures obtingudes.

5 – CONCLUSIONS

En aquest estudi s'ha dissenyat per primera vegada un sistema acústic-òptic sincronitzat com a part d'un dispositiu experimental dissenyat exclusivament per al càlcul del factor de blanc o TS de tortugues marines, en concret per a l'espècie *Caretta Caretta*, en condicions controlades. Per altra banda s'ha dissenyat un codi amb el programari Matlab per a poder obtindre els fotogrames amb la posició dels exemplars per a cada instant i també poder dibuixar el feix del transductor coneixent d'aquesta manera quan l'exemplar es troba en el punt de màxima emissió dins del feix del transductor.

Per primera vegada s'ha mesurat el valor del TS en condicions controlades per a 4 exemplars de tortuga *Caretta Caretta*, en col·laboració amb l'Àrea de Recuperació i Conservació d'Animals del Mar (ARCA del Mar) de la Generalitat Valenciana a les instal·lacions de l'Oceanogràfic de València, mitjançant la utilització d'un sistema acústic-òptic submarí.

S'ha pogut observar que el factor de blanc és una variable commensurable per aquest tipus de rèptils en les condicions controlades en les que s'han realitzat les mesures. No obstant s'han detectat certes limitacions en el mètode utilitzat. Entre aquestes limitacions podem destacar el tamany dels tancs on s'han mesurat els exemplars. Degut a aquesta limitació s'ha tingut que utilitzar un transductor de tipus single-beam ja que tenen el camp llunyà més a prop i la distància a l'exemplar no podia ser major que la permesa pel tamany dels tancs. En condicions ideals s'haguera utilitzat un transductor split-beam que ens permet corregir els efectes de la directivitat del feix. Per aquest motiu es recomana repetir l'experiment en tancs de major volum aquàtic per a aconseguir resultats més precisos, com per exemple en la piscina situada a les instal·lacions del port.

També hem de destacar que la realització de l'experiment amb exemplars amb llibertat de moviment, incorpora la dificultat de poder mesurar a l'exemplar amb una posició fixa i per tant els instants en els quals es troba en una determinada posició són prou breus com per a poder obtindre resultats precisos per a eixa posició en concret. Caldria estudiar i comparar l'eficàcia de la realització d'aquest experiment amb exemplars en llibertat amb la realització del mateix experiment amb els exemplars fixats. Tanmateix, el fet de fixar els animals falseja la mesura acústica i suposa un estrés per a l'animal. Per tant de previndre aquests dos aspectes negatius, la proposta és construir una gàbia de xarxa fina, rectangular, de dimensions limitades, que es

submergisca parcialment en l'aigua, per tal de fixar la distància de treball i controlar la posició de l'espècimen.

Altra limitació que cal destacar del present estudi és la quantitat de mesures realitzades i la quantitat d'exemplars analitzats. Per a obtenir uns resultats més exactes en quant a la caracterització del factor de blanc d'un exemplar es recomana realitzar un major nombre de mesures per a cada exemplar i també augmentar considerablement la quantitat d'exemplars mesurats per a poder realitzar posteriorment un estudi estadístic dels resultats i obtenir d'aquesta manera uns valors més precisos del factor de blanc calculat.

No obstant el mètode dissenyat i utilitzat en aquest estudi serveix per a poder profunditzar en el camp de l'acústica submarina i concretament per a la detecció acústica d'exemplars i sobretot per a profunditzar en el càlcul del factor de blanc de diferents espècies en condicions controlades, obrint d'aquesta manera una porta a la realització d'una infinita quantitat d'estudis amb diferents espècies d'exemplars marins.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] Ernst, C. H.; Lovich, J.E. (2009). "Turtles of the United States and Canada". (2 ed.). JHU Press. ISBN 978-0-8018- 9121-2.
- [2] Wynne, Kate; Schwartz, Malia (1999). "Guide to Marine Mammals and Turtles of the U.S. Atlantic and Gulf of Mexico". Illustrated by Garth Mix (2nd ed.). Rhode Island Sea Grant. ISBN 0-938412-43-4.
- [3] Dodd, C. Kenneth, Jr. 1988. Synopsis of the biological data on the Loggerhead Sea Turtle *Caretta caretta* (Linnaeus 1758). U.S. Fish Wildl. Serv., Biol. Rep. 88(14). 110 pp.
- [4] The IUCN Red List of Threatened Species - <http://www.iucnredlist.org/>
- [5] Christina M. Davy & M. Brock Fenton - Technical note: side-scan sonar enables rapid detection of aquatic reptiles in turbid lotic systems
- [6] Pérez-Arjona et al. TS measurements and simulations of Mediterranean sea turtles. Proceedings of the 38th Scandinavian Symposium on Physical Acoustics, Geilo 30 February 2 - 6, 2013. Editor: Rolf J. Korneliussen
- [7] LURTON, X. An introduction to underwater acoustics: principles and applications . Springer. (2002).
- [8] Lourdes Encina-Encina, Amadora Rodríguez-Ruiz, Ramona Sánchez-Carmona - Horizontal target strength of *Luciobarbus* sp. in ex situ experiments: Testing differences by aspect angle, pulse length and beam position. Victoria Rodríguez-Sánchez, Department of Plant Biology and Ecology, Faculty of Biology, University of Seville, PO Box 1095, E-41080 Seville, Spain
- [9] MAHFURDZ, A., AHMAD, H., KADIR, SA, ABDULLAH, S. SULONG, N. Acoustic Strength of Green Turtle and Fish Based on FFT Analysis . International Journal of Advanced Computer Science & Applications, vol.4 , n°9. (2013).

- [10] NOAA Fisheries, Underwater Robots Search for Sea Turtles,
http://www.fisheries.noaa.gov/stories/2014/06/6_19_14sonar_for_seaturtles.html
- [11] “Detección acústica de la tortuga boba (Caretta Caretta) mediante técnicas activas”
TRABAJO FINAL DE MASTER Autor/a: Enrique Alonso Alonso
- [12] PARGA, M.L. SÁNCHEZ, J. OLDANI, C. MONNÀ, A. The potential of the side-scan sonar technology for the study of sea turtles , In: Proceedings of the 31st Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, US Dept. Commerce, NOAA Technical Memo. España. (2011).
- [13] Henderson, M. J., Horne, J. K., and Towler, R. H. 2007. The influence of beam position and swimming direction on fish target strength. – ICES Journal of Marine Science, 65: 226–237.
- [14] Ciutat de les Arts i les Ciències de València - <http://www.cac.es/oceanografic>

ANNEXE I: Programari per a l'obtenció de fotogrames

Programa de Matlab® utilitzat per a obtenir els fotogrames dels exemplars amb la delimitació del feix del transductor, per a la qual la directivitat del transductor és màxima (feix a -3dB):

```
clear all
clc
close all

obj = VideoReader('*avi'); %calcula el tamany i el centre de la imatge
Ip = read(obj,1);
[yci, xci, zci]=size(Ip);
xc = xci/2;
yc = yci/2;

% Per a dibuixar el centre sencer:
theta = 0:0.01:2*pi;

%posició del centre del transductor:

Lxtrans=(83E-3/3)*3.3E-3;
Lytrans=(0/3)*3.3E-3;
Lxtrans_pixels=Lxtrans/2.5E-6;
Lytrans_pixels=Lytrans/2.5E-6;

xctrans =xc- round(Lxtrans_pixels);
yctrans =yc- round(Lytrans_pixels);

alt=3; %profunditat

for i=1:length(alt)

xtrans=alt*tand(31/2);
Ltrans=(xtrans/alt)*3.3E-3;
Ltrans_pixels=Ltrans(i)/2.5E-6;
radius_trans=round(Ltrans_pixels);

Xfit(1,:)= radius_trans*cos(theta) + xctrans;
Yfit(1,:)= radius_trans*sin(theta) + yctrans;
end

for i=1:obj.NumberOfFrames
I = read(obj,i);

f0=figure;
imshow(I);

hold on
plot(Xfit(1,:), Yfit(1,:), 'LineWidth',0.1,'LineStyle','--','Color','w');

saveas(f0,['frame',num2str(i),'.png'])

close all
end
```