

Resum

L'aqüicultura marina ha augmentat considerablement la seua producció en els últims anys a causa de la manca de recursos pesquers i l'augment de la demanda. L'any 2013 es va arribar a una producció mundial de 173062 Tn d'orada (*Sparus aurata*) i 161059 Tn de llobarro (*Dicentrarchus labrax*), produïda principalment a Grècia, Turquia, Espanya i Itàlia. La daurada i el llobarro són unes de les espècies més interessants per al seu cultiu a Espanya. La seua zona de cultiu es limita a aigües temperades i es conrea normalment en sistemes de gàbies flotants. L'estimació del creixement dels peixos i la biomassa són essencials en la preparació del pla de producció de granges de peixos, així com per a organitzar i dur a terme operacions de gestió, com ara la classificació i la distribució dels peixos, la descàrrega de nous lots, els horaris de recollida, el càlcul de les taxes d'alimentació diària, etc. Cal optimitzar aquests processos de producció, no només per millorar la rendibilitat econòmica, sinó també per minimitzar l'impacte ecològic de les instal·lacions. Entre aquests processos cal destacar l'estratègia d'alimentació, el creixement i la vigilància de la població. L'alimentació diària s'estima en funció de la biomassa present i diferents factors com la mida mitjana dels peixos, l'època de l'any, la temperatura de l'aigua, etc. Per tant, les estimacions de la talla i el nombre de peixos són dades crucials per a la gestió adequada de la producció.

Les tècniques acústiques resulten les més apropiades per a la detecció remota en l'aigua, degut a que les ones acústiques permeten recórrer grans distàncies en comparació amb les ones electromagnètiques, que s'atenuen molt ràpidament. La llum no penetra més enllà d'un par de centenars de metres per sota de la superfície de l'aigua, i molt menys quan el medi està carregat de sòlids en suspensió o biota, com ara plàncton. D'aquesta

manera, els instruments acústics que transmeten i reben ones acústiques són capaços de detectar peixos o altres objectes llunyans que queden més enllà del camp de visió. Per aquest motiu, les tecnologies acústiques han tingut un major impacte en la detecció de peixos. Des de fa algunes dècades s'han estat utilitzant mètodes acústics per a la detecció de bancs de peixos, de manera que la informació proporcionada per sonars i ecosondes resulta un factor important en l'eficiència de les operacions actuals de pesca.

Hui en dia s'està investigant la manera de determinar de forma precisa la biomassa present en gàbies mitjançant tècniques acústiques no invasives, que passen per l'estimació de l'abundància de peixos i la distribució de la grandària. De la mateixa manera aquestes tècniques poden permetre l'estudi del comportament del banc en gàbies flotants, el control del procés d'alimentació i fins i tot la identificació d'espècies. La metodologia d'ecosondes científiques o comercials s'ha orientat principalment cap a la pesca pelàgica, i resulta necessari avaluar si l'equip i els algorismes poden aplicar-se en el control de granges d'aqüicultura marina.

Per tal d'avaluar la biomassa de peixos en gàbies, en aquesta tesi s'avaluen dues tècniques per a l'estimació de la talla i s'aborda l'estudi de l'energia retornada pel banc de peixos per a l'estimació de l'abundància, tal com es comenta en el Capítol 1. De la mateixa manera es caracteritza la resposta acústica del pinso en funció del seu calibre.

En el Capítol 2 s'inclou informació general sobre l'orada i el llobarro, i el seu cultiu en gàbies flotants, amb la finalitat de facilitar la comprensió del comportament dels animals i la interpretació del camp acústic dispersat pels seus cossos. Els conceptes bàsics i les formulacions utilitzades en acústica per a l'estimació de biomassa es descriuen en el Capítol 3, que resulten útils per a la comprensió d'aquesta tesi. S'assumeix un medi homogeni, isotròpic i no dispersiu, en el qual les variacions de pressió són de amplitud reduïda, de manera que els efectes no lineals poden ser menyspreats. S'aborda l'equació del sonar a partir de l'estudi de la propagació d'una ona acústica en un fluid i la dispersió del camp sonor produïda per un blanc. També es tracten els paràmetres electroacústics del transductor. S'inclouen els conceptes necessaris per a l'estimació de la talla i l'abundància a partir de l'energia retornada pels peixos. A més es resumeixen les expressions utilitzades per dos ecosondes científiques de les més comercialitzades, la EK60 de Simrad i la DT-X de Biosonics.

En el Capítol 4 s'estudia la idoneïtat de l'ús de ecosondes científiques per a l'estimació de la talla a partir de la detecció d'ecos procedents de blancs individuals, amb la particularitat que els peixos es troben situats a distàncies pròximes al transductor. Es mesura l'aspecte ventral i dorsal del target strength (*TS*) per a 5 talles diferents d'orada a una freqüència de 200 kHz. L'assaig es porta a terme en un reduït rang de distàncies, similar a les distàncies que es donen en gàbies en condicions de producció per a la detecció de peixos aïllats. La mesura del *TS* a distàncies tan properes al transductor porta implícita una sèrie de complicacions i incerteses a causa principalment del camp proper dels peixos, la compensació de les pèrdues degudes propagació de l'ona acústica, la

lectura de l'angle d'incidència del camp sonor retrodispersat, i l'alteració de l'envoltant de l'eco causada per la grandària finita dels peixos. La relació del *TS* amb la talla permetrà estimar de forma indirecta la talla dels peixos a partir de mesures acústiques.

En el Capítol 5 s'avalua l'aplicabilitat de ecosondes científiques en l'estimació de la talla mitjana i l'abundància de peixos en gàbies d'orada i llobarro en condicions de producció, que es caracteritza per una reduïda separació entre el transductor i els peixos així com per densitats elevades. S'avaluen dues freqüències, 123 i 201 kHz, de manera dorsal. L'estudi del *TS* per a la determinació de la grandària queda limitat a la zona superior del banc, on es poden obtenir deteccions de peixos aïllats, sent inviable la seua avaluació a majors distàncies on l'elevada densitat del banc fa inevitable la detecció d'ecos procedents de múltiples blancs. L'abundància de peixos s'avalua mitjançant la integració de l'energia retrodispersada pel banc.

Al Capítol 6 es proposa un mètode alternatiu per a l'estimació de la grandària dels peixos basat en la mesura de la diferència del temps de vol entre dos màxims d'un mateix eco, que corresponen a les reflexions del pols transmès en diferents parts del cos del peix. S'avalua el mètode per l'aspecte ventral i dorsal de l'orada, emprant un transductor single-beam a 200 kHz.

Finalment, en el Capítol 7 es caracteritza la resposta acústica del pinso en funció del seu calibre emprant una ecosonda científica a 200 kHz, que permetrà la detecció i identificació de la caiguda del pinso sobrant en gàbies en condicions de producció.