

RESUMEN DE TESIS DOCTORAL

Control y caracterización del atún rojo en jaulas marinas

Vicente Puig Pons

Directores:

Dr. Víctor Espinosa Roselló

Dra. Ana Tomás Vidal

Dr. Vicente Domingo Estruch Fuster

Defendida el 25 de julio de 2017 en la Universidad Politécnica de Valencia

Realizada en el Instituto para la Gestión Integrada de Zonas Costeras (IGIC) y en la Universitat Politècnica de València (UPV)

Mención *cum laude*

Resumen

El atún rojo (*Thunnus thynnus*) es una especie emblemática y de alto valor económico que se vio amenazada en el cambio de siglo por la sobrepesca. Este hecho llevó a la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT) y a las autoridades, a establecer un férreo sistema de cuotas de pesca, a establecer vedas de pesca, a fijar una talla mínima de captura y, finalmente, a diseñar un Plan de recuperación que ha permitido observar signos de aumento del stock en los últimos años. El atún rojo dispone de un tipo de acuicultura "no integral" basada en la captura de peces adultos en las zonas de puesta. Aunque el Instituto Español de Oceanografía ha cerrado su ciclo en cautividad con éxito, la alta mortalidad de los juveniles durante el traslado de los tanques en tierra donde son criados a las jaulas marinas no ha permitido un desarrollo total de la acuicultura del atún rojo. Los productores de atún rojo, afectados por las restricciones impuestas a la captura necesitan de herramientas para el control del proceso de engrase que permitan mejorar su eficiencia. Del mismo modo es necesaria la mejora de las herramientas utilizadas para el control de la cuota pesquera asignada. En esta tesis se estudia la viabilidad del uso de las técnicas acústicas para el control de los atunes en las jaulas de engrase, así como para la evaluación del comportamiento de los atunes cuando pasan de vivir en estado salvaje a estar confinados en jaulas marinas.

La vida en una planta de producción marina conlleva asociados gran cantidad de trabajos de mantenimiento de las instalaciones, alimentación de los peces y sacrificio de los mismos. Todos estos procesos generan alteraciones en el hábitat sonoro al que están acostumbrados los atunes en libertad. Los experimentos realizados en la tesis doctoral indican un alto grado de adaptabilidad de la especie a la vida en cautividad y a los estímulos sonoros que ello provoca. En los estudios realizados se detectan patrones de comportamiento asociados a diferentes estímulos cotidianos en la vida de la planta marina como el proceso de alimentación, los trabajos de mantenimiento y reparación de

las jaulas, etc. No obstante, al someter a los atunes a ruidos antropogénicos especiales: tonos puros en la banda de frecuencias audible, ruidos generados por motores y aerogeneradores la adaptación es más lenta produciéndose reacciones apreciables a dichos estímulos. Los resultados obtenidos en este trabajo han permitido profundizar en el conocimiento sobre la capacidad de adaptación de los atunes en las jaulas de engrase, así como obtener una primera aproximación al rango de audición de esta especie nunca antes evaluado.

Para poder utilizar las técnicas ultrasónicas como herramienta para el control del proceso de engrase de los atunes en las jaulas, es necesario disponer de expresiones matemáticas que relacionen la energía acústica retrodispersada (*target strength* o TS) por un atún con su tamaño, de tal modo que, a partir de la medida de dicha energía acústica de todos los peces alojados en una jaula marina se pueda inferir la biomasa total albergada en la misma. La búsqueda de este tipo de relaciones en jaulas no es habitual, siendo su uso muy extendido para peces en libertad. En este trabajo se presenta una caracterización de la especie desde el punto de vista dorsal, obteniéndose expresiones matemáticas que relacionan la energía acústica retrodispersada por un atún con su tamaño a dos frecuencias de trabajo (120 y 200 kHz). Estas frecuencias son ampliamente usadas por los buques oceanográficos (para el control de stocks) y por la flota pesquera.

Las jaulas de engrase de atún rojo en condiciones de producción albergan atunes con una gran dispersión de tamaños (que puede variar de 1,4 a 3 metros de longitud furcal) por lo que fue necesario desarrollar una metodología específica para realizar el control del proceso de engrase de los atunes en estas condiciones. En esta tesis doctoral se propone un método novedoso que combina medidas acústicas y ópticas desde el punto de vista ventral de los atunes. El aspecto ventral de los peces es decisivo en cuanto a la respuesta acústica cuando el animal dispone de vejiga natatoria, ya que, este órgano es el responsable de hasta el 90% de la energía acústica devuelta por los peces. La combinación de ambas técnicas permite asociar un valor de energía acústica retrodispersada (TS) a un pez de manera inequívoca del que se puede medir el tamaño en una imagen de video. A partir de las correspondencias acústico-ópticas se obtuvieron expresiones que relacionan el tamaño de los peces y su respuesta acústica desde el punto de vista ventral a dos frecuencias de trabajo (120 y 200 kHz). Los estudios realizados mediante este nuevo método son completados con un estudio de la biometría del atún rojo cuando es engrasado en jaulas marinas a partir de medidas de su longitud, altura y anchura máxima obtenidas después del sacrificio. El análisis de los datos biométricos permitió obtener expresiones con un poder predictivo mayor que las expresiones que se utilizan para peces en libertad. El uso de estas expresiones biométricas para atunes engrasados junto con los resultados obtenidos de las medidas acústicas y ópticas permiten obtener el peso medio de los peces en las jaulas a partir de la respuesta acústica de los mismos con errores por debajo del 5%.

Finalmente se presenta un método para el conteo de atunes mediante técnicas acústicas. Esta técnica novedosa pretende facilitar el conteo de ejemplares durante los procesos de transferencia, automatizándolo en gran medida y haciéndolo inmune a la falta de visibilidad en el momento de la maniobra. Para conseguirlo se utilizó un sonar de barrido lateral trabajando a 200 kHz y se acompañó el sensor de un sistema de video estereoscópico que permitiera conocer la talla de manera automática. Se desarrolló, además, un procedimiento de medida que incluía el uso de un túnel durante las transferencias que proporcionaba estabilidad a los equipos y permitía la repetitividad de las medidas y la automatización del proceso de análisis, reduciendo cerca del 5 %, siendo inferior a los errores máximos indicados por ICCAT y la Secretaria de Pesca, órganos competentes en este procedimiento.

Palabras clave: ultrasonidos, sonar, atún rojo, visión submarina.

Publicaciones de la Tesis

Enlace al documento completo: <http://hdl.handle.net/10251/86213>

- Puig-Pons V., Espinosa V., Soliveres E., Ortega A., Belmonte A., de la Gándara F. (2012). Biomass estimation of bluefin tuna in sea cages by the combined use of acoustic and optical techniques. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 68: 284-290.
- Espinosa V., Calise L., Estruch V. D., Llorens S., Ordoñez P., Pérez-Arjona I., Puig-Pons V., Soliveres E. (2015). Acoustical estimation of fish biomass: species identification and stocks management. *Rivista Italiana di Acustica*, 39(3): 15-21.
- Atienza-Vanacloig V., Andreu-García G., López-García F., Valiente-González J. M., Puig-Pons V. (2016). Vision-based discrimination of tuna individuals in grow-out cages through a fish bending model. *Computers and Electronics in Agriculture*, 130: 142-150.
- Muñoz-Benavent P., Andreu-García G., Valiente-González J. M., Atienza-Vanacloig V., Puig-Pons V., Espinosa V. (2018). Automatic Bluefin Tuna sizing using a stereoscopic vision system. *ICES Journal of Marine Science*, 75: 390-401.
- Muñoz-Benavent P., Andreu-García G., Valiente-González J. M., Atienza-Vanacloig V., Puig-Pons V., Espinosa V. (2018). Enhanced fish bending model for automatic tuna sizing using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 150: 52-61.
- Puig-Pons V., Estruch V. D., Espinosa V., de la Gándara F., Melich B., Cort J. L. (2018). Relationship between weight and linear dimensions of Bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) following fattening on western Mediterranean farms. *PLoS ONE*, 13(7): e0200406.
- Puig-Pons V., Muñoz-Benavent P., Espinosa V., Andreu-García G., Valiente-González J. M., Estruch V. D., Ordoñez P., Pérez-Arjona I., Atienza V., Melich B., de la Gándara F., Santaella E. (2019). Automatic Bluefin Tuna (*Thunnus Thynnus*) biomass estimation during transfers using acoustic and computer vision techniques. *Aquacultural Engineering*, 85: 22-31.