

Posibilidades de reproducción del atún rojo, *Thunnus thynnus*, en cautividad

A. García¹, M.V. Díaz¹, F. de la Gándara¹, J.M. de la Serna², A. Belmonte³, E. Ayora³, H. Gordin⁴, C. Fauvel⁵, A. Medina⁶, C. R. Bridges⁷, R. Vasallo-Agius⁸, C. Mylonas⁹ y G. Demetrio¹⁰

¹Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Murcia. Ctra. de la Azohía s/n. 30860 Puerto de Mazarrón (Murcia). España. E-mail: antonio.garcia@mu.ieo.es. ²Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Málaga, España. ³Tuna Graso S.A., España. ⁴Israel Oceanographic and Limnological Research, National Center for Mariculture, Israel. ⁵Institut Français d'Exploration de la Mer, Francia. ⁶University of Cádiz, España. ⁷Heinrich-Heine University of Düsseldorf, Alemania. ⁸Malta Center for Fisheries Sciences, Malta. ⁹Institute of Aquaculture, Hellenic Center for Marine Research, Grecia. ¹⁰Universidad de Bari, Italia.

Abstract

This paper describes results achieved in a 3-year-long research project supported by the European Commission (EU) aimed at studying the feasibility to achieve reproduction of Bluefin tuna (BFT), *Thunnus thynnus*, in captivity. The project involves nine partners from seven Mediterranean countries. The overall objective of this project is to improve our understanding of the reproductive physiology of BFT as the basis to develop a suitable methodology for the control of its reproduction in captivity. Results have indicated that BFT reared in captivity are able to achieve maturation and spawn, naturally or hormonally induced, and consequently get larvae by *in vitro* fertilization. Thus, opening the possibility to an eco-friendly and economically sustainable production of BFT in the Mediterranean.

Justificación

A fin de estudiar la posibilidad de reproducir al atún rojo en cautividad, desde el año 2003 se está llevando a cabo un proyecto internacional de investigación de tres años de duración, financiado por la Unión Europea. En este proyecto participan ocho instituciones de investigación y una empresa del cultivo de atún rojo, de siete países del ámbito mediterráneo (España, Francia, Alemania, Italia, Grecia, Malta e Israel). Los cuatro objetivos principales del proyecto son: a) Desarrollar una tecnología sostenible de cultivo del atún rojo, para lo cual es imprescindible mejorar nuestros conocimientos de la biología reproductiva de la especie en cautividad y compararla con la de las poblaciones salvajes; b) Evaluar la capacidad de maduración y puesta de un lote reproductor de atún rojo mantenido en cautividad; c) Evaluar la viabilidad de conseguir huevos de hembras reproductoras y llevarlos hasta la eclosión; y d) Desarrollar técnicas para la manipulación rutinaria del atún rojo en acuicultura, que incluyen el uso de sistemas apropiados para el transporte de peces vivos, desarrollo de métodos de anestesia adecuados y extracción de muestras de tejidos utilizando métodos no invasivos o intrusivos a fin de determinar su sexo y estado de madurez. Para alcanzar estos objetivos, el proyecto está estructurado en nueve conjuntos de tareas de la forma siguiente: 1. Coordinación e informes; 2. Procedimientos de manipulación de atún rojo cautivo; 3. Mantenimiento del lote reproductor del atún rojo en jaulas; 4. Recogida de muestras; 5. Histología y morfometría de las gónadas; 6. Determinación del sexo y estado de madurez sexual (hormonas del cerebro, pituitaria y esteroides sexuales); 7. Determinación del estrés en el atún rojo cautivo y salvaje; 8. Inducción hormonal de la puesta; y 9. Caracterización y gestión de los gametos.

Material y Métodos

Un lote reproductor de atún rojo, compuesto por 120 ejemplares de 80-120 Kg. fue estabulado en el 2003 en dos jaulas experimentales de 25 m de diámetro. A lo largo del proyecto, se realizó un seguimiento de las condiciones de cultivo: alimentación, parámetros físico-químicos del medio (temperatura, turbidez, salinidad, dinámica de corrientes, etc.). Para el estudio comparado de la fisiología reproductiva del atún rojo en el medio natural y en poblaciones salvajes, se realizó un muestreo de alrededor de 1.000 ejemplares adultos (80-200 Kg.). Las muestras de los peces fueron

obtenidas durante los meses de abril a julio en aguas de la región Suratlántica y de distintos lugares del Mediterráneo Occidental, Central y Oriental; así como de las jaulas experimentales. En todos los muestreos se siguió un protocolo estándar, recabándose los parámetros morfométricos y obteniéndose muestras de sangre (suero y/o plasma), músculo, cerebro, hipófisis, hígado, gónadas y productos sexuales. Las muestras fueron posteriormente analizadas por los distintos grupos implicados. Durante los años 2004 y 2005 se realizaron pruebas de inducción hormonal de la maduración y puesta de los ejemplares estabulados. Para ello se diseñó un método de aplicación de implantes hormonales (GnRHa) especialmente concebidos para peces de gran tamaño (mayores de 100 Kg.). Por último se pusieron a punto técnicas específicas para la manipulación de atunes rojos, dadas su especiales características con respecto a otros peces marinos cultivados (tamaño, sensibilidad, etc.). Estas se centraron en: anestesia, captura segura y eficaz para el muestreo de peces vivos, técnicas de marcado, sistemas para la recolección de huevos, y uso de métodos no intrusos para la determinación del sexo y estado de madurez.

Resultados y Discusión

El estudio fisiológico de las gónadas, cerebro e hipófisis y de los niveles plasmáticos de hormonas sexuales (esteroides, gonadotropinas y vitelogenina), ha permitido observar una clara correlación entre el estado madurativo de los ejemplares y los distintos parámetros medidos. Asimismo, se ha observado que la puesta de los atunes se produce en el Mediterráneo durante los meses de Junio-Julio, cuando las temperaturas superan los 24 °C, ocurriendo generalmente un mes antes en el Mediterráneo oriental (área de Turquía) que en el occidental. En cuanto a los ejemplares cautivos, estos son capaces de alcanzar la madurez y realizar puestas cuando permanecen al menos 2 años en condiciones adecuadas de cultivo.

Respecto a los estudios bio-moleculares de las hormonas sexuales del cerebro e hipófisis cabe decir que se han identificado las secuencias genéticas (cDNA) de las hormonas GnRHs y GtH β del atún rojo y se está en el proceso de desarrollar ensayos cuantitativos por el método de análisis RT-PCR para medir la expresión de los genes. También, se han optimizado y validado ensayos específicos mediante el método de análisis ELISA para formas nativas de la hormona GnRH. En cuanto a los estudios sobre estrés, se han medido los niveles de cortisol, lactato y catecolaminas en atunes tanto salvajes como cautivos; habiéndose observado que éste incide notablemente en su capacidad de maduración y puesta. También se han valorado los cambios en las características del esperma a lo largo del periodo reproductivo y se ha descrito la morfología de los ovocitos durante el periodo próximo a la ovulación.

Respecto a las pruebas de inducción hormonal, se ha producido, caracterizado y valorado un sistema para suministrar mediante implantes la hormona GnRHa, a fin de inducir la puesta en peces cautivos, habiéndose obtenido resultados satisfactorios; tanto en la maduración final como en la puesta. A partir de ovocitos hidratados y esperma procedente de ejemplares inducidos se ha conseguido obtener, mediante fertilización *in vitro*, huevos embrionados y posteriormente larvas de atún rojo. Siendo ésta la primera vez que se consigue a nivel mundial mediante reproducción controlada.

En conclusión, se ha comprobado la factibilidad de reproducir al atún rojo en cautividad, tanto de forma natural como inducida; aunque se estima necesario continuar trabajando para perfeccionar las técnicas desarrolladas y que puedan ser fácilmente transferidas al sector productivo, de modo que la sostenibilidad medioambiental y económica de la producción de atún rojo en el Mediterráneo quede asegurada.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del Proyecto UE/VPM; REPRODOTT, Q5RS-2002-01355. Los autores desean agradecer la colaboración de Dr. I. Oray (Turquía) y Dr. Y. Zohar (EE.UU.) en el mismo.