

## INFORME SOBRE LAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN SOBRE ATÚN ROJO DESARROLLADAS POR EL INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA EN EL MEDITERRÁNEO DENTRO DEL PROGRAMA BYP DE ICCAT

J.M. de la Serna<sup>1</sup>, Alberto García, Antonio García<sup>2</sup>, J.M. Ortiz de Urbina & D. Macías.

### SUMMARY

*The Spanish Oceanographic Institute (Instituto Español de Oceanografía, IEO) has developed research projects on bluefin tuna (Thunnus thynnus L.) in the Mediterranean and East Atlantic during the 2000-2005 period, and its main objectives are contemplated in the intensive research ICCAT Bluefin Year Program (BYP). This document summarizes the results obtained and informs of the research perspectives foreseen.*

### RÉSUMÉ

*Au cours de la période 2000-2005, l'Institut Espagnol d'Océanographie (IEO) a mené à bien des programmes de recherche sur le thon rouge (Thunnus thynnus L.) en Méditerranée et dans l'Atlantique Est, dont les objectifs sont envisagés dans le Programme de recherche intensive Année Thon rouge (BYP) de la Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique (ICCAT). Le présent document récapitule les résultats obtenus et fait part des perspectives de recherche prévues.*

### RESUMEN

*Durante el periodo 2000-2005 el Instituto Español de Oceanografía (IEO) ha desarrollado proyectos de investigación sobre atún rojo (Thunnus thynnus L.) en el Mediterráneo y Atlántico Este, cuyos objetivos se encuentran contemplados en el programa de investigación Intensiva Año de Atún Rojo (BYP) de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA). En este documento se resumen los resultados alcanzados y se informa sobre las perspectivas de investigación previstas.*

### KEYWORDS

*Bluefin tuna, Mediterranean, Eastern Atlantic ,Biology*

<sup>1</sup> Instituto Español de Oceanografía. C.O. de Málaga. Pto. Pesquero s/n, 29640, Fuengirola, Spain.

<sup>2</sup> Instituto Español de Oceanografía. C.O. de Murcia. Pto. De Mazarrón s/n, Spain.

## 1 Introducción

El Instituto español de oceanografía y en concreto el equipo de grandes pelágicos oceánicos ha venido desarrollando en el periodo 2000-2005 una serie de proyectos cuyos objetivos se encuentran dentro de los objetivos del proyecto BYP de ICCAT.

Concretamente el proyecto GPM “Grandes pelágicos del mediterráneo y región sur-atlántica española” contempla al atún rojo entre sus especies objetivo. Dentro de este proyecto de carácter general y como sub-proyecto del mismo se encuentra el Plan Nacional de Datos Básicos (Túidos Mediterráneo). En este proyecto además de datos relacionados con captura y esfuerzo, se recopilan datos de sex-ratio por clase de talla/edad, madurez, fecundidad así como estudios relacionados con la determinación de la edad y el crecimiento de esta especie.

Por otra parte, desde 2001 se desarrolla una campaña de prospección larvaria (TUNIBAL) de esta especie en torno a las islas baleares que ha servido para caracterizar el escenario ambiental que requiere esta especie para favorecer la supervivencia en fases larvarias.

Otra perspectiva distinta es la relacionada con la reproducción en cautividad del atún rojo, derivada de las actividades de engorde y engrasamiento de atún rojo en granjas marinas. Estos aspectos han sido abordados a través del proyecto REPRODOTT.

Por último y en el ámbito de la colaboración internacional al desarrollo y dentro del proyecto COPEMED se ha coordinado desde el IEO el proyecto COPEMED-Túidos que ha posibilitado el aporte de datos y resultados de investigación sobre atún rojo por parte de países del Norte de África como Túnez, Libia y Marruecos, así como de otros países mediterráneos como Malta.

El propósito del presente informe es presentar estos proyectos, parte de sus resultados y proponer investigaciones futuras en la línea de las ya desarrolladas.

## 2 Proyecto “Grandes pelágicos del Mediterráneo y Región sur-atlántica (GPM)”

GPM es un proyecto estructural del IEO que contempla una serie de objetivos sobre diferentes especies de túidos y especies afines en el ámbito territorial que lo define (Mediterráneo y región sur-atlántica española).

En lo que se refiere al atún rojo, sus objetivos generales son:

- Estudio de la evolución de las pesquerías de atún rojo en la zona.
- Influencia de los factores ambientales en la capturabilidad de la especie por los distintos artes de pesca.
- Elaboración de índices de abundancia estandarizados de las capturas de esta especie en Almadrabas y de las pesquerías artesanales de línea de mano y de cebo vivo del Estrecho de Gibraltar.
- Estudio de la estructura de stock y de los patrones migratorios mediante el desarrollo de actividades de marcado electrónico (Proyecto FAIR 97/3975- UE, en colaboración con la Universidad de Bari (Italia), Programa COPEMED, etc.) y de marcado convencional.
- Estudios de otros parámetros biológicos como crecimiento y reproducción en base a las actividades desarrolladas dentro del PNDB de la Unión Europea.
- Actualmente se está elaborando un programa de muestreo en instalaciones de *Farming* tuna siguiendo las recomendaciones del SCRS de ICCAT. Los objetivos son: conocer la procedencia de las capturas, estimación de la magnitud de las mismas, distribuciones de talla, relaciones biométricas e índices de transformación, entre otros.

## 3 Proyecto “Plan Nacional de Recopilación de Datos básicos Necesarios para la Política Pesquera Común europea”

El objetivo general del proyecto es la recopilación de todos aquellos datos básicos necesarios para el desarrollo de la política pesquera común europea. Además de los datos de captura y esfuerzo por arte se estudian una serie

de parámetros biológicos como aquellos relacionados con el crecimiento y la reproducción (Sex-ratio, madurez, fecundidad) de esta especie.

#### ***Estudios de edad y crecimiento de atún rojo.***

Se desarrollan metodologías de determinación directa de la edad y se estiman los parámetros de crecimiento de esta especie a partir de piezas duras, concretamente de la primera espina de la aleta dorsal.

#### ***Estudios sobre la reproducción de atún rojo.***

Los trabajos desarrollados hasta el momento se centran en la determinación de la talla de primera madurez de la especie, la caracterización del área de puesta, y la estima de la fecundidad por clase de edad.

Los resultados provisionales corroboran la hipótesis general de un área de puesta en el mediterráneo occidental y parecen indicar que los ejemplares maduran a edades comprendidas entre los 3 y 4 años.

### **4 Proyecto TUNIBAL: Investigación larvaria**

Como respuesta a la demanda de información sobre larvas y reproductores de atún rojo, el IEO desarrolla desde 2001 una campaña de prospección larvaria en torno a las Islas Baleares. Los resultados obtenidos incluyen la distribución de larvas de atún rojo y especies asociadas. La metodología empleada en estas campañas se han exportado a otras áreas mediterráneas durante 2004.

Las principales aportaciones hasta el momento de TUNIBAL están relacionadas con la influencia de las condiciones hidrográficas con la distribución de las larvas de atún rojo. En este sentido las larvas aparecen asociadas a aguas superficiales de origen Atlántico, mientras la melva y el atún blanco se concentran en aguas de origen mediterráneo.

Otro de los objetivos del proyecto, actualmente en desarrollo, es el diseño y establecimiento de una base de datos geo-referenciada de los resultados de las campañas larvarias. Estos datos permitirán el análisis del transporte y dispersión de larvas así como la caracterización físico-química de las áreas de puesta.

### **5 Proyecto REPRODOTT “Reproducción de atún rojo en cautividad”**

El proyecto cuenta con la excepcional oportunidad de combinar fuerzas entre un grupo internacional de científicos y una instalación comercial de engorde de Atún rojo (BFT), a fin de llevar a cabo un estudio en profundidad sobre su reproducción en cautividad, sirviendo asimismo como estudio de factibilidad para la domesticación de esta especie. La reproducción controlada es un paso crucial en el camino de la domesticación de especies salvajes. Vamos a estudiar la regulación hormonal del desarrollo gonadal, la maduración de los gametos, la puesta y la fecundidad, y finalmente desarrollar métodos apropiados para el control de la reproducción del BFT. La disponibilidad de un lote de reproductores de BFT cautivos nos permitirá incrementar el conocimiento sobre el efecto de factores reproductivos en la determinación del reclutamiento en el medio natural, permitiéndonos de este modo una mejor gestión del recurso en sentido global.

Los cuatro objetivos principales son:

1. 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.
2. Evaluar la capacidad de maduración y puesta de un lote reproductor de atún rojo mantenido en cautividad.
3. Evaluar la viabilidad de conseguir huevos de hembras reproductoras y llevarlos hasta la eclosión.
4. 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 a fin de determinar su sexo y estado de madurez.

Los resultados alcanzados durante los dos primeros años del proyecto han sido los siguientes:

1. Se han hecho progresos en el desarrollo de técnicas de manipulación: anestesia, captura segura y eficaz para el muestreo de peces vivos, técnicas de marcado, pruebas del sistema para la recolección de huevos, y uso de métodos no intrusos para la determinación del sexo y estado de madurez.
2. Se ha estabulado con éxito un lote reproductor de más de 120 atunes, de peso comprendido entre 80 y 120 kilos, en las jaulas marinas flotantes experimentales.
3. Se han muestreado alrededor de 800 atunes, de distintos lugares del Mediterráneo Occidental, Central y Oriental y de las jaulas experimentales, durante la época de puesta entre abril y julio. Se han valorado histológicamente las muestras de gónadas y medido con éxito los niveles de hormonas reproductoras y vitelogenina
4. Se han identificado las secuencias genéticas (cDNA) de las hormonas GnRHs y GtH $\beta$  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
5. Se han medido los niveles de cortisol, lactato y catecolaminas en atunes para determinar el estado de estrés, tanto en peces salvajes como cautivos.
6. 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.
7. 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.

## 6 Proyecto COPEMED-Grandes pelágicos

El proyecto COPEMED-Grandes pelágicos ha sido coordinado por el IEO (C.O. de Málaga). Los resultados alcanzados están relacionados con la descripción de las pesquerías, elaboración de relaciones biométricas (Talla-peso), sex-ratio por clase de talla, estudios de crecimiento, reproducción, talla-edad de primera madurez, fecundidad por talla, elaboración de índices de abundancia estandarizados, estudio de la estructura de stock mediante análisis genéticos y marcado y relación con el medio ambiente.

Estos resultados cobran especial importancia si se tiene en cuenta que es un proyecto desarrollado en el ámbito de la colaboración internacional al desarrollo y que ha posibilitado el aporte de datos y resultados de investigación sobre atún rojo por parte de países del Norte de África como Túnez, Libia y Marruecos, así como de otros países mediterráneos como Malta.

## 7 Larval tuna surveys off the Mediterranean

Motivated by the need of setting criteria for the establishment of fishing reserves and by the SCRS recommendation of ICCAT (SCRS/00/125) on carrying out exploratory research sampling of larvae and spawning sized bluefin tuna, the Spanish fishing authorities entrusted the Spanish Institute of Oceanography (IEO) to monitor the waters surrounding the Balearic archipelago for larval tuna. This initiative led to the establishment in 2001 of the TUNIBAL project within the framework of the IEO. During 2003, the National Research Council (CICYT) approved a funding budget extending the project to the year 2006.

Since 2001, a series of annual surveys were carried out off the Balearic archipelago during the bluefin tuna (*T. thynnus*) spawning season. The results of the each survey describing the distribution of bluefin larvae and its associated species (*Auxis rochei* and *T. alalunga*) in relation to the principal hydrographic features were reported to ICCAT in a series of documents. García et al. (2004)<sup>3</sup> briefly summarized the main results of the TUNIBAL surveys carried out from 2001-2003.

Exploratory surveys focusing on bluefin spawning has been extended to other Mediterranean regions during 2004 using the methodological and sampling approach applied in the TUNIBAL surveys, off the southern coasts

---

<sup>3</sup> García, A., F. Alemany, P. Velez-Belchí, J.L. López Jurado, D. Cortés, J.M. de la Serna, C. González Pola, J.M. Rodríguez, J. Jansá and T. Ramírez. 2005. Characterization of the bluefin tuna spawning habitat off the Balearic archipelago in relation to key hydrographic features and associated environmental conditions. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 58 (2): 535-549.

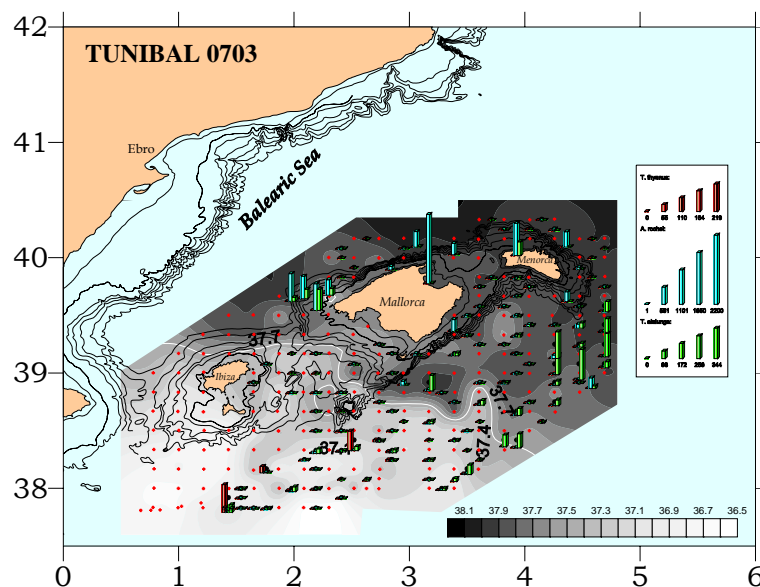
of Turkey, northern Cyprus and in the southern coasts of Sicily (García et al., 2004)<sup>4</sup>. It is hoped that ichthyoplankton surveys carried out since 2004 off the Tunisian waters where tuna spawning has been reported be integrated in the BYP Larval tuna group.

The main findings of TUNIBAL at present are related to the relationship of hydrographic features with bluefin and associated species distributions with to the Balearic circulation system, whereby Atlantic and Mediterranean water masses converge, generating important mesoscale features, such as, gyres and frontal structures, and defining highly contrasting environmental conditions, as illustrated in **Figure 1**, showing bluefin larval tuna concentrations in surface waters of Atlantic origin while albacore larvae and frigate tuna larvae are distributed over the Mediterranean water masses.

Latest research advances generated by TUNIBAL are to be presented in the next International Larval Fish Conference to be held in Barcelona from July 11-14, 2005. These refer to the works of Alemany et al., (2005)<sup>5</sup> on the distribution of larval tuna collected in Bongo 60 oblique tows, García et al. (2005a,<sup>6</sup> b<sup>7</sup>) on bluefin and albacore larval growth, and the larval fish assemblages off the Balearic archipelago.

Future developments in the project are related to the design and establishment of geo-referenced database which is actually underway. The database will represent a step forward to the modelling phase of the project. The available data collected along the survey series will facilitate the modelling of larval transport and dispersion, as well as, the bio-physical characterization of their spawning grounds. It is also intended to develop within the project, GAM (General Additive Models) based modelling towards the estimation of larval production.

Lastly, the inclusion within the GLOBEC framework of a the regional project CLIOTOP focusing on large pelagics to analyze climatic impacts on the variability of these species, in which early life history stages are considered essential to their understanding, may enhance future research in line with larval tuna ecology.



**Figure 1.** Distribution of the main larval tuna species collected in surface tows in the TUNIBAL 2003 survey. Bluefin tuna represented in red bars, albacore in green bars and frigate tuna in blue bars.

<sup>4</sup> García, A., F. Alemany, J.M. de la Serna, I. Oray, S. Karakulak, L. Rollandi, A. Arigò and S. Mazzola. 2004. Preliminary results of the 2004 bluefin tuna larval surveys off different Mediterranean sites (Balearic Archipelago, Levantine Sea and the Sicilian Channel). Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 58 (4): 1420-1428

<sup>5</sup> Alemany, F., García, A., Rodríguez, J.M., Bernal, M., López-Jurado, J.L., González-Pola, C., Vélez-Belchi, P., Cortés, D. and Ramírez, T. 2005. Abundance and distribution of *Thunnus* larvae in the Balearic Sea (NW Mediterranean) in relation to mesoscale hydrographic features. Larval Fish Conference, Barcelona, July 11-14, 2005.

<sup>6</sup> García, A. Cortes, D., Ramírez, T. R. Fehri-Bedoui, Alemany, F., J.M. Rodríguez, Carpena, A., J.P. Alvarez, 2005. First data on growth and nucleic acid and protein content of field-captured Mediterranean bluefin (*T. thynnus*) and albacore (*T. alalunga*) larvae: a comparative study. Larval Fish Conference, Barcelona, July 11-14, 2005.

<sup>7</sup> García, A., Alemany, F., Rodríguez, J.M., Cortes, D., Ramirez, T., Corregidor, F., Lopez-Jurado, J.L., Velez-Belchi, P. and Gonzalez-Pola, C. 2005. Larval fish assemblages of the surface waters off the Balearic archipelago during the Tunibal 07/2003 survey. Larval Fish Conference, Barcelona, July 11-14, 2005.