

# Experiencias preliminares en el desarrollo de técnicas para el electroaturdimiento y electrosacrificio del atún rojo *Thunnus thynnus* (L., 1758) cultivado en jaulas flotantes

A. García-Gómez<sup>1</sup>, J. Roca<sup>2</sup>, F. de la Gándara<sup>1</sup>, J. A. Villarejo<sup>2</sup>, F. Soto<sup>2</sup> y Atunes de Mazarrón S. L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Planta Experimental de Cultivos Marinos. Centro Oceanográfico de Murcia. Instituto Español de Oceanografía.

Ctra. de la Azohía, s/n. E-30860 Puerto de Mazarrón (Murcia), España. Correo electrónico: antonio.garcia@mu.ieo.es

<sup>2</sup> Grupo de Investigación Electrónica Industrial y Médica. Departamento de Tecnología Electrónica. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena (Murcia), España

<sup>3</sup> Atunes de Mazarrón S. L. Ctra. de Murcia 603, km 49,1. E-30870 Mazarrón (Murcia), España

Recibido en julio de 2001. Aceptado en febrero de 2002.

## RESUMEN

Se presentan los resultados preliminares del estudio que se lleva a cabo sobre la relación existente entre el tipo de onda eléctrica utilizada para el electrosacrificio del atún rojo *Thunnus thynnus* (L., 1758), engordado en jaulas flotantes, y los daños producidos en la espina dorsal y la carne de los ejemplares de esta especie, que reducen su valor comercial en el mercado japonés. Se ha observado que se puede mitigar estos efectos indeseados variando las características de las ondas empleadas, haciendo de esta técnica la más apropiada en el sacrificio del atún para obtener una carne de calidad superior.

**Palabras clave:** Nuevas especies, tecnología, acuicultura, electricidad, atún, sacrificio.

## ABSTRACT

*Preliminary trials on the development of electroslaughtering and electrostunning techniques for bluefin tuna *Thunnus thynnus* (L., 1758) reared in floating cages*

*Preliminary results are presented from an ongoing study concerning the relationship between the type of electrical waves used to slaughter bluefin tuna *Thunnus thynnus* (L., 1758) ongrown in floating cages, and damage to the dorsal column and fish meat, which reduces the fish's commercial value on the Japanese market. Our results indicate that varying the waves' characteristics can reduce those undesirable effects, making this technique the most suitable for bluefin tuna slaughtering, in order to obtain superior meat quality.*

**Keywords:** *New species, technology, aquaculture, electricity, tuna, slaughtering.*

## INTRODUCCIÓN

Es sabido que la manipulación previa al sacrificio afecta a la calidad de la carne de los peces. Esto

parece deberse a que el estrés reduce los almacenes de energía del músculo, lo que afecta al pH y, por tanto, a la producción de lactato y al desarrollo de la rigidez *post-mortem* (Snyder, 1995). Este aspec-

to, poco tenido en cuenta en las capturas pesqueras es, sin embargo, de vital importancia en el caso de engorde del atún rojo, especie de cultivo en la Región de Murcia (sureste de España) y exportada mayoritariamente a Japón, con un volumen de unas 5 000 t anuales y un valor comercial de 145 millones de dólares EE UU (cerca de 160 millones de euros). El precio de la carne de atún en el selecto mercado japonés puede variar hasta en el 100 % según su calidad, por lo que el sistema de sacrificio, dada su enorme importancia, despierta el interés de las empresas del sector. Las técnicas más empleadas hasta hoy (la muerte por asfixia o mediante el uso de armas de fuego) no reducen el estrés de los peces, que deben ser trasladados a la superficie izando las redes del fondo de las jaulas. Además, son muy peligrosas para los buzos y marineros implicados en el trabajo.

Con el objetivo de minimizar estos inconvenientes, la empresa Atunes de Mazarrón S. L. (con sede en Mazarrón, Murcia) ha implantado y patentado

la técnica de sacrificio con arpón eléctrico en sus instalaciones (patente europea 005001131.8). Pero se ha observado que la descarga eléctrica empleada produce, desafortunadamente, daños indeseados, tanto en la columna vertebral del atún como en la carne próxima a ella. Esto ocurre también en otras especies piscícolas (Hudy, 1985) y en el ganado terrestre sacrificado por electrocución. Para estudiar este fenómeno y poder reducir o eliminar estos efectos secundarios de la técnica, se está realizando un estudio sobre la relación entre el tipo de onda eléctrica utilizada y los daños causados en la columna y en la carne de los atunes sacrificados, cuyos primeros resultados se presentan aquí.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Esta técnica de sacrificio comienza con la inmersión de dos buceadores (figura 1) en la jaula flotante. Uno de ellos porta un fusil de pesca que lleva acoplado un arpón con cabezal de teflón y punta metá-

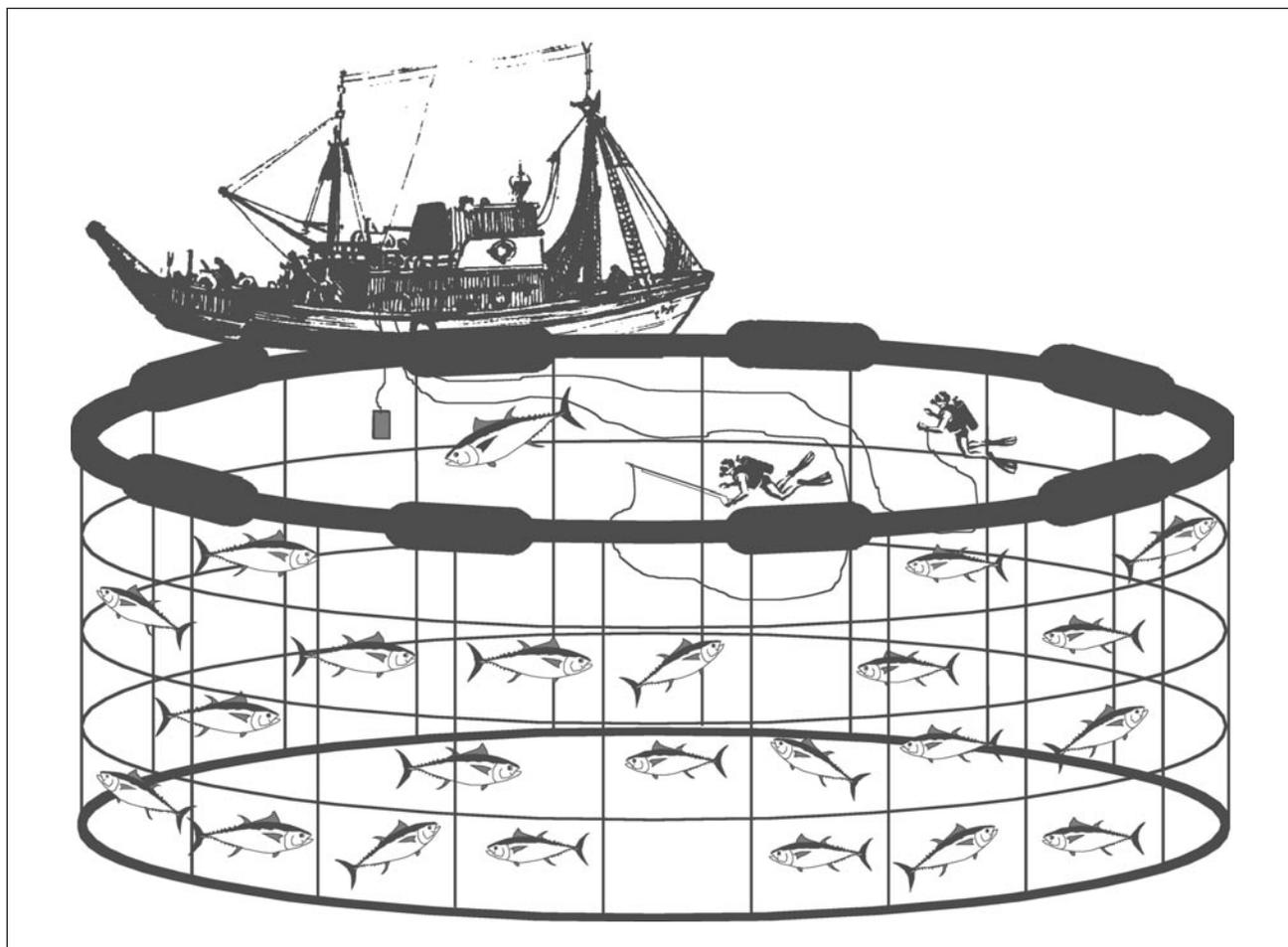


Figura 1. Empleo de la técnica de sacrificio con arpón eléctrico patentada por la empresa Atunes de Mazarrón S. L.

lica. El arpón está conectado al equipo convertidor de potencia, instalado en el buque de apoyo, mediante un cable convenientemente aislado. El otro buzo lleva un pulsador que activa la corriente. La punta metálica del arpón actúa como uno de los polos del convertidor; el otro consiste en una pequeña placa metálica situada cerca del barco, que hace de masa. Cuando el buceador que lleva el fusil selecciona un atún para su sacrificio, por estimar que el ejemplar cumple con las condiciones adecuadas de peso, aspecto y otras, dispara contra éste, introduciendo así el cabezal metálico, unido al convertidor, en el pez. El buceador que porta el pulsador es quien tiene control sobre el convertidor de potencia y lo activa cuando comprueba que el arpón se ha clavado en el pez. A partir de este instante se le aplica una descarga eléctrica cuyos parámetros y naturaleza de la señal se seleccionan en el convertidor de potencia. Una vez que el buceador considera que el pez está muerto o suficientemente aturdido, deja de oprimir el pulsador y cesa la descarga. Las características de la onda que finalmente se aplica al atún vienen dadas por una tensión de referencia obtenida mediante un conjunto informático diseñado para tal fin en entorno Labview® que, con ayuda de una tarjeta conectada a un ordenador portátil, transfiere la señal al sistema de control del equipo de potencia. Se ha probado con tensiones eléctricas continua (DC), continua pulsante, continua por salvas, alterna (AC), alterna recortada y ondas de forma compleja. Por otra parte, también se han variado magnitudes como la limitación de la corriente y la tensión, la relación cíclica y la frecuencia. En la tabla I se presentan las características de algunas ondas que han producido los mejores resultados.

Tabla I. Características de las ondas eléctricas empleadas para el electrosacrificio del atún rojo.

N.º de onda	Características
1	Señal DC con limitación voltaje/intensidad
2	Señal AC en alta frecuencia o pulsos DC en alta frecuencia con control de frecuencia
3	Trenes de pulsos DC de frecuencia y separación controlable
4	Pulsos DC de baja frecuencia con voltaje y relación cíclica controlable
5	AC controlada de ángulo de disparo variable (baja frecuencia)
6	Onda compleja de baja frecuencia con control de forma de onda

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha podido comprobar que con tensiones de pico no superiores a 150 V los peces morían. La corriente, por otra parte, puede oscilar entre 1 y 7 A de pico según la zona de impacto del arpón, que, por las bajas relaciones cíclicas utilizadas, corresponden a valores medios más que discretos. Las señales de frecuencias mayores a 1 kHz producen quemaduras y daños inaceptables en la espina. La gran dispersión de los valores de corriente no es debida a los distintos tamaños de los atunes, sino a las características anatómicas y el estado de aislamiento del punto de impacto. Con la función de electroanestesia, el sistema debe ser capaz de facilitar la máxima corriente para evitar la huida del pez. Con corrientes superiores se consigue el electrosacrificio.

Se ha analizado el efecto de las ondas probadas sobre los indicadores de calidad de la carne desarrollados por la empresa (figuras 2 y 3) y adaptados

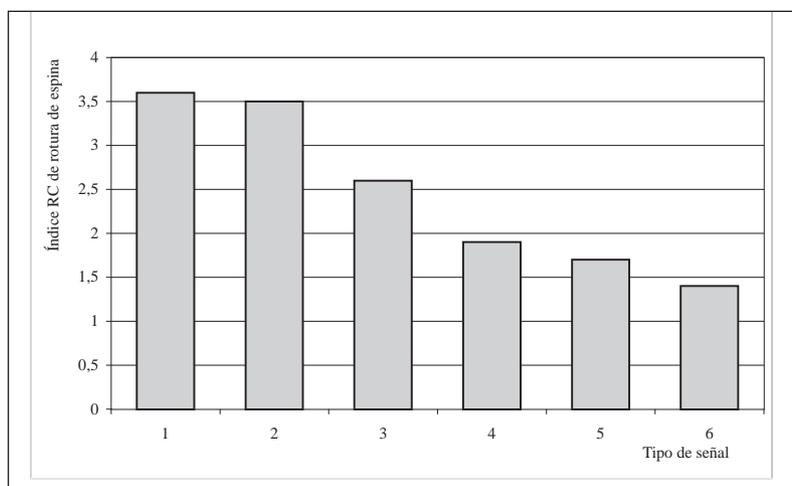


Figura 2. Variación del índice de rotura de columna (RC) en función de la naturaleza de la onda (valor óptimo: 0).

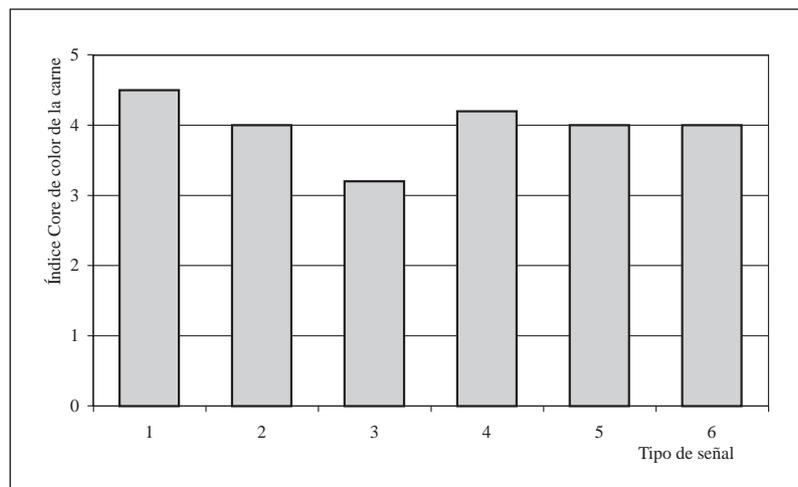


Figura 3. Variación del índice de color de la carne (Core) en función de la naturaleza de la onda (valor óptimo: 5).

a las exigencias del mercado japonés. De todos los indicadores, los de mayor relevancia corresponden al color de la carne (índice Core) y al de rotura de espina (índice RC). Estos indicadores son evaluados por un operario experto que les asigna un valor numérico de 0 a 5, con el 5 como valor Core óptimo para el color, y el 0 como valor RC óptimo para la rotura de espina. Como puede observarse en las figuras, con las características de la onda 6 se consigue reducir el índice de roturas a 1,4, mientras el índice de color de carne se mantiene en un valor 4 muy apropiado.

Se estima imprescindible mejorar para el futuro la onda 6 con técnicas de modulación exponencial decreciente o similares, y también probar nuevas formas de ondas y obtener un modelo para el atún por incrementos finitos, fiable, que permita obtener la distribución de corrientes en función de la

zona de impacto del arpón, su penetración y la zona de conducción.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido posible gracias al Programa de Estímulo a la Innovación y Transferencia de Tecnología de la Universidad Politécnica de Cartagena (PEITT-UPCT-2000).

#### BIBLIOGRAFÍA

- Hudy, M. 1985. Rainbow trout and brook trout mortality from high voltage AC electrofishing in a controlled environment. *N. Am. J. Fish. Manage.* 5: 475-479.
- Snyder, D. E. 1995. Impacts of electrofishing on fish. *Fisheries* 20: 26-39.