

ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES VARIABLES QUE PUEDEN INFLUIR EN EL CONTENIDO DE MERCURIO EN ATÚN ROJO (*Thunnus thynnus*) PESCADO EN EL MAR MEDITERRÁNEO

Mèlich Bonancia, Begonya. Servicio Técnico de Grup Balfegó
Vendrell Cedó, Jordi. Agència de Salut Pública de Catalunya. SSTT Terres de l'Ebre
Pallisé Serrano, Noèlia. Servicio Técnico de Grup Balfegó

INTRODUCCIÓN

En el medio marino, el mercurio inorgánico es transformado a metilmercurio mediante un proceso de metilación llevado a cabo por bacterias anaeróbicas. El metilmercurio es el compuesto de mercurio más tóxico que existe, siendo soluble en tejidos grasos. Los organismos acuáticos presentan tasas de eliminación de metilmercurio muy bajas, con lo cual la concentración de este compuesto tiende a bioacumularse y a biomagnificarse dentro de las cadenas tróficas (Hajeb et al., 2010; Perugini et al., 2009; Alexandra et al., 2002).

El metilmercurio es neurotóxico, con capacidad de provocar efectos perjudiciales sobre el sistema nervioso, particularmente en el cerebro en formación (Yamashita et al., 2005). Puede afectar también al sistema inmune, alterar el sistema genético y el enzimático (Peterson et al., 1973; Perugini et al., 2009). También se asocia a riesgo cardiovascular con progresión de la arteriosclerosis y es posiblemente carcinogénico en humanos (Torres et al., 2010). El compuesto puede atravesar la barrera placentaria y la hematoencefálica (Ordiano-Flores et al., 2011).

Las especies depredadoras de larga vida, como el atún rojo (*T. thynnus*), lo pueden acumular en grandes cantidades y su presencia está limitada por la legislación comunitaria, que fija el límite en 1mg/kg de peso fresco (Reglamento (CE) 1881/2006, modificado por el Reglamento (CE) 629/2008).

El Reglamento (CE) 333/2007 contempla los métodos de muestreo y análisis para el control oficial, aunque no lo contempla en el caso de autocontrol de las empresas alimentarias, ni tampoco identifica el lugar de toma de muestras en las piezas de pescado. La normativa base (Reglamento (CE) 315/93) tampoco lo regula.

En el periodo comprendido entre los años 2005 y 2012 se ha analizado el contenido de mercurio de 570 muestras de atún rojo (*T. thynnus*) pescado en el mar Mediterráneo. Los análisis efectuados forman parte de los autocontroles sanitarios implementados en una empresa comercializadora^{1*} de atún rojo y han sido realizados en un laboratorio externo acreditado.

MATERIALES Y MÉTODOS

MUESTREO

El atún rojo (*T. thynnus*) muestreado en este estudio fue capturado mediante el arte de cerco en la zona de las **islas Baleares**. Las muestras corresponden tanto a animales pescados con muerte inmediata, como a animales capturados en vivo y mantenidos en jaulas flotantes para su engorde, durante un tiempo variable (generalmente, de 2 a 15 meses) hasta su sacrificio.

Las muestras se cogieron del músculo comprendido entre la pínula más caudal y la aleta caudal, o entre las dos pínulas más caudales y la aleta caudal, dependiendo del tamaño del animal. No obstante, de 7 animales se obtuvieron, a parte de estas muestras de la zona caudal, muestras del músculo del lomo superior y muestras de la zona de la ventresca, con el objetivo de evaluar el nivel de mercurio presente en diferentes partes del animal.

El muestreo fue totalmente **aleatorio**, en base la frecuencia determinada en el plan de análisis de peligros y puntos de control críticos (APPCC), implantado en la empresa comercializadora.

METODOLOGÍA ANALÍTICA

Las muestras se congelaron hasta el momento de ser analizadas en un laboratorio externo acreditado. La metodología utilizada para la determinación del mercurio fue la **absorción atómica**.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se ha utilizado el paquete estadístico SPSS para el análisis de datos. Se han utilizado los procedimientos de gráficos, comparación de medias y correlaciones.

RESULTADOS

El rango de resultados de mercurio es muy amplio, va desde el límite de detección de la técnica analítica utilizada, que es de 0,005mg/kg, a 3,13mg/kg, que supera el límite máximo establecido en la legislación vigente. La media de los resultados de mercurio para todas las muestras (N=570) es de **0,28mg/kg**.

	N	RANGO	MEDIA ± DS
MERCURIO (mg/kg)	570	0,005 – 3,13	0,28 ± 0,29
PESO (Kg)	269	28 – 449	156,17 ± 86,68
LONGITUD (cm)	119	133 – 269	187,73 ± 34,04

TABLA 1. Tabla general de población muestral y resultados de mercurio.

^{1*} La empresa comercializadora es Balfegó & Balfegó S.L., perteneciente al Grupo Balfegó.

El contenido de mercurio resultó ser mayor de 1mg/kg en solo 14 muestras, que representan un **2,46%** del total de muestras analizadas. La media de resultados positivos fue de 1,34mg/kg \pm 0,55. El rango de resultados positivos está entre 1mg/kg y 3,13mg/kg.

	N	RANGO	MEDIA \pm DS
RESULTADOS POSITIVOS MERCURIO (mg/kg)	14 ^{2*}	1 – 3,13	1,34 \pm 0,55

TABLA 2. Tabla resumen de los resultados positivos de mercurio de la población muestral.

Hay diferentes **variables** que pueden afectar al contenido de mercurio en el producto. Se han analizado las siguientes:

ZONA DEL ANIMAL

ZONA	MERCURIO (mg/kg) MEDIA \pm DS
CAUDAL	0,36 \pm 0,06
LOMO SUPERIOR	0,32 \pm 0,05
VENTRESCA	0,35 \pm 0,05

TABLA 3. Concentración media de mercurio según la zona del animal.

De 7 individuos se analizó el contenido del mercurio en el músculo caudal, en el músculo procedente del lomo superior y en la ventresca. Los resultados no indicaron diferencias significativas (ANOVA, $p > 0,05$)

NIVEL DE GRASA DEL ANIMAL

NIVEL DE GRASA (%)	MERCURIO (mg/kg) MEDIA \pm DS
< 3%	0,22 \pm 0,04
3 – 6%	0,25 \pm 0,13
6 – 9%	0,29 \pm 0,12
> 9%	0,33 \pm 0,10

TABLA 4. Concentración media de mercurio según el nivel de grasa del animal.

Se dividió la población muestral según el nivel de grasa contenido en la zona caudal. La división se ha realizado según la clasificación utilizada por la empresa para monitorizar la calidad de las canales. Los resultados no indicaron diferencias significativas (ANOVA, $p > 0,05$)

SEXO DEL ANIMAL

GÉNERO	MERCURIO (mg/kg) MEDIA \pm DS
MACHOS	0,28 \pm 0,13
HEMBRAS	0,30 \pm 0,11

TABLA 5. Concentración media de mercurio según el sexo del animal.

Se ha analizado también la relación entre el contenido en mercurio y el género de los animales. Este factor no presenta diferencias significativas con el nivel de grasa, pero sí con la longitud del animal, probablemente debido a un nivel de crecimiento diferente entre machos y hembras. Los resultados no indicaron tampoco diferencias significativas entre el contenido de mercurio en machos y en hembras (Prueba T, $p > 0,05$)

AÑO DE PESCA

CAMPAÑA PESCA	MERCURIO (mg/kg) MEDIA \pm DS
2006	0,32 \pm 0,21
2007	0,52 \pm 0,38
2008	0,42 \pm 0,43
2009	0,29 \pm 0,15
2010	0,27 \pm 0,11
2011	0,37 \pm 0,12

TABLA 6. Concentración media de mercurio según la campaña de pesca.

Se ha querido estudiar la influencia que puede tener el año de pesca con el nivel de mercurio contenido en el animal, asumiendo que todos los pescados han sido capturados en la zona de las Islas Baleares. Se han analizado los resultados obtenidos de las muestras recogidas a partir del año 2006, para evitar diversos factores que puedan sesgar el resultado del análisis. Los resultados indican que existen diferencias significativas en cuanto el contenido de mercurio y el año de pesca de los ejemplares (ANOVA, $p < 0,05$)

2* Se trata del 2,46% sobre el total de muestras analizadas

PESO DEL ANIMAL

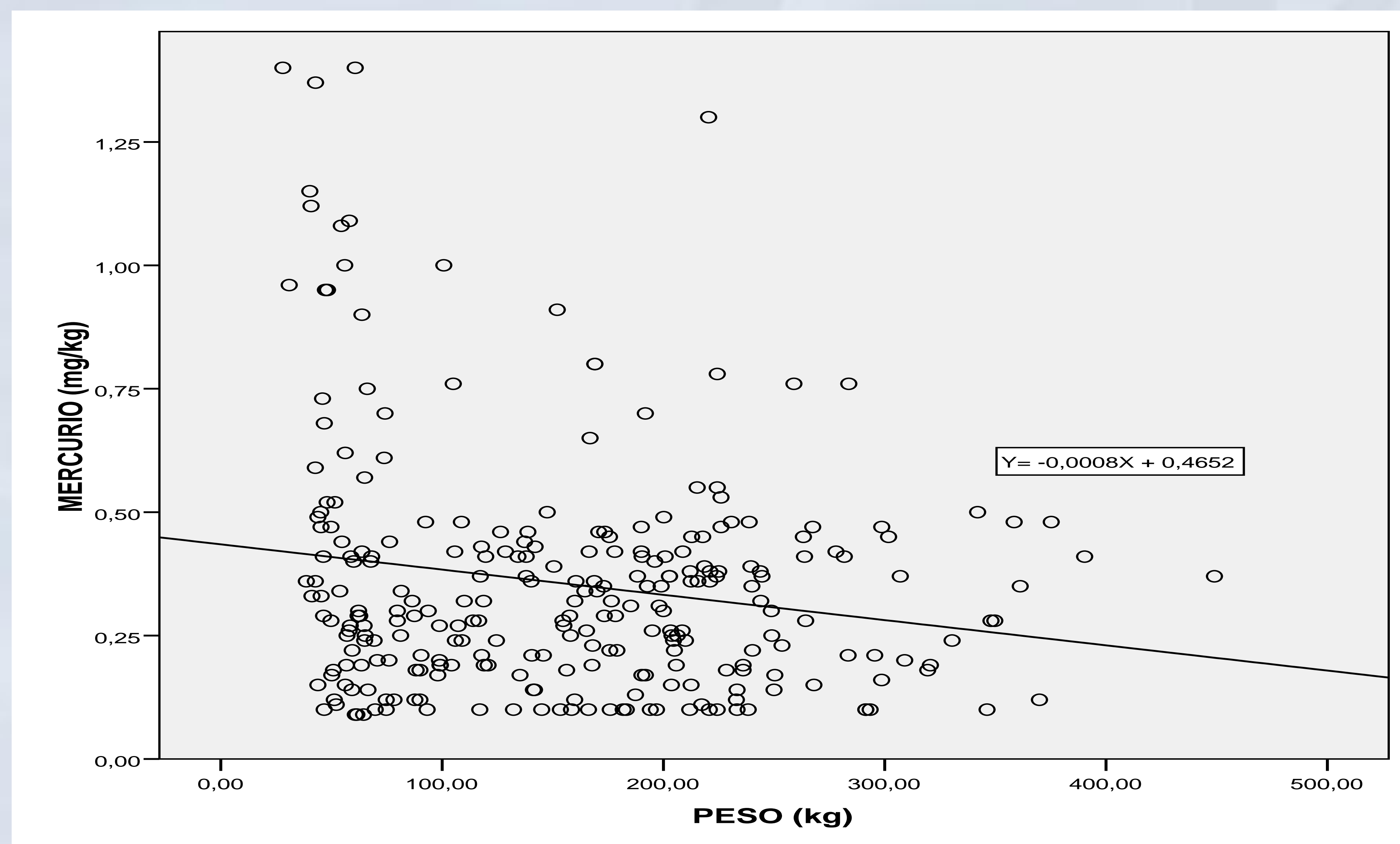
POBLACIÓN	MERCURIO (mg/kg) MEDIA \pm DS
< 120 Kg	0,43 \pm 0,40
> 120 Kg	0,32 \pm 0,18

Se ha dividido la población muestral en ejemplares menores y mayores de 120Kg. Se considera que a partir de este peso, los individuos corresponden a la población de grandes reproductores, con patrones migratorios, hábitats y ratios de crecimiento que pueden diferir de individuos correspondientes a clases de edad inferiores, y que a su vez, pueden estar relacionados con una mayor o menor acumulación de mercurio.

A destacar en este punto, el hecho de que no se ha podido analizar la diferencia entre el contenido de mercurio entre individuos juveniles y adultos, como se ha hecho en otros estudios (Morales-Nin et al.), debido a que no es hasta el año 2008 que se dispone del peso de los animales muestreados, y en este año ya era vigente el plan de recuperación del atún rojo (*T. Thynnus*), que prohíbe la pesca de ejemplares juveniles.

Existen diferencias significativas en cuanto el contenido de mercurio en los ejemplares superiores a 120Kg y los inferiores a este peso (Prueba T, $p < 0,05$).

CORRELACIÓN ENTRE EL PESO Y EL NIVEL DE MERCURIO



Según los resultados, asumiendo que existen diferencias en cuanto el nivel de mercurio y el peso de los ejemplares, también se ha analizado el nivel de correlación entre el contenido de mercurio y el peso de los individuos.

Aunque el coeficiente de correlación de Pearson es muy bajo, de $-0,179$, si analizamos estadísticamente la correlación entre el mercurio y el peso de los ejemplares, ésta es significativa ($P < 0,01$).

CONCLUSIONES

- El contenido medio de mercurio en las 570 muestras analizadas desde el año 2005 al año 2012 es de 0,28 mg/kg, habiéndose encontrado en solo 14 muestras (2,46% del total) niveles superiores a 1mg/kg.
- El contenido en mercurio no se ve afectado por el nivel de grasa del animal, de la misma manera que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre el contenido de mercurio y la zona del animal muestreada.
- El género del animal no parece estar correlacionado con el nivel de mercurio de los individuos, lo cual sugiere que posiblemente machos y hembras tengan hábitos alimenticios similares.
- Las muestras analizadas procedentes de individuos con pesos superiores a 120kg, que corresponden a grandes reproductores de atún rojo (*T. Thynnus*), contienen un nivel de mercurio inferior a las procedentes de individuos con pesos inferiores a 120Kg.
- En general, los niveles de mercurio aumentan con la talla y la edad del animal (Lange et al., 1994; Burger et al., 2001; Simonin et al., 2008), pero según los resultados obtenidos en este análisis, esta relación no se mantiene.
- Existen diferentes factores que pueden influir en la acumulación de mercurio: concentración en el agua del metal pesado, periodo de exposición, factores ambientales como la salinidad, el pH o la temperatura (Canli et al., 2003), la edad y el tamaño del animal, los hábitos alimentarios (Schuhmacher et al., 1992; Al-Yousuf et al., 2000), los ratios de crecimiento y los condicionantes fisiológicos (Douglas, 2004), principalmente. Los factores mencionados podrían explicar por qué la población inferior a 120kg tiene un nivel de mercurio superior a la población de más de 120kg: comportamiento alimenticio diferente, siendo los ejemplares de tamaño menor, más voraces que los de tallas superiores; ratios de crecimiento elevados, cabiendo la posibilidad de dilución del contenido de mercurio durante el crecimiento, resultando en niveles del metal pesado inferiores en ejemplares de gran tamaño; diferente comportamiento migratorio, que implica migraciones tróficas de los ejemplares mayores hacia el océano Atlántico, de condicionantes, tanto a nivel trófico como ambiental, diferentes respecto al mar Mediterráneo.
- La diferencia en el nivel de mercurio entre campañas de pesca podría explicarse precisamente por la diferencia de peso de los ejemplares capturados en dichas campañas. La captura predominante de ejemplares de pesos comprendidos entre 40 y 80kg los años 2007 y 2008 (Mèlich et al. 2010) podría explicar por qué el nivel de mercurio en estas campañas es superior al del resto.
- La relación inversa entre el contenido del mercurio y el tamaño del animal se apunta en otros estudios, tanto con ejemplares procedentes del mar Mediterráneo (Licata et al., 2005, Morales-Nin et al., 1990) como en otras zonas, como en la zona del Pacífico (Ordiano-Flores et al., 2011) y en la zona del Atlántico oeste (Burger et al., 2011).