

REVISIÓN

# Túnicos tropicales: calentamiento global y seguridad alimentaria, una visión global

Tropical tunas: Global warming and food security, an overview

José Carlos Báez<sup>1,2\*</sup>, Pedro Pascual-Alayón<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Lourdes Ramos<sup>1</sup> y Francisco J. Abascal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Español de Oceanografía (IEO), Centro Oceanográfico de Canarias, Vía Espaldón, dársena pesquera, Parcela 8 38180, Santa Cruz de Tenerife, España. \*josecarlos.baez@ieo.es

<sup>2</sup>Investigador Asociado, Facultad Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Chile, Av. Pedro de Valdivia 425, Providencia, Región Metropolitana, Chile

**Abstract.**- The term 'tropical tuna' refers to skipjack (*Katsuwonus pelamis*), bigeye (*Thunnus obesus*) and yellowfin tunas (*Thunnus albacares*), which have a wide pantropical distribution. Tropical tunas inhabit waters with a sea surface temperature with an optimal value around 20°C. Currently, two of these species are among the 7 species with higher landings worldwide. In addition, it is expected that future tropical tuna stocks play a key role safeguarding food security. The aim of this paper was to review the studies about the effect of both climatic oscillations and global warming on tropical tuna populations. Moreover, it warns about the main challenges of fisheries biology in relation to the management of stocks of tropical tunas, an important fishery resource, in the context of climate change. For this, a review of studies that have addressed to date the effect of both climate oscillations and global warming on populations of tropical tunas was performed.

**Key words:** Climatic change, food security, sustainability, tuna

**Resumen.**- El término 'túnido tropical' se refiere a un grupo de especies de peces escombriformes que incluye al listado o barrilete (*Katsuwonus pelamis*), el patudo (*Thunnus obesus*) y el rabil (*Thunnus albacares*), que presentan una amplia distribución pantropical, y cuyo óptimo de temperatura superficial del agua del mar en el que habitan se sitúa en torno a los 20°C. Actualmente, dos de estas especies se encuentran entre las 7 especies con mayores volúmenes de desembarque a nivel mundial. Se prevé que en el futuro los stocks de tónicos tropicales jueguen un papel fundamental para salvaguardar la seguridad alimentaria. El objetivo de este trabajo fue presentar los principales retos de la biología pesquera en relación a la gestión de las poblaciones de tónicos tropicales en un contexto de cambio climático. Para esto se revisaron los estudios que se han abordado hasta el presente sobre el efecto tanto de las oscilaciones climáticas, como del calentamiento global en las poblaciones de tónicos tropicales.

**Palabras clave:** Calentamiento global, seguridad alimentaria, sostenibilidad, tónicos

---

## INTRODUCCIÓN

El término 'túnido tropical' no hace mención a ningún criterio taxonómico, en realidad se refiere a tres especies de peces pelágicos de la familia Scombridae: listado o barrilete *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758), patudo *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) y rabil *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788), que presentan una amplia distribución pantropical, y cuyo óptimo de temperatura superficial del mar (TSM) en el que habitan se sitúa en torno a los 20°C. Así el listado habita preferentemente en aguas con una TSM entre 20-30°C, el patudo se encuentra en aguas con

una TSM entre 17-22°C, y el rabil preferentemente se encuentra en aguas con una TSM de 22°C (Forsbergh 1987, Brill 1994, Brill *et al.* 1999, 2005). No obstante, el rango de temperatura ambiental que pueden tolerar, durante sus inmersiones en la columna de agua, es mucho más amplio, de hasta 8°C de descenso con respecto a la TSM para el listado y rabil, y hasta 20°C para el patudo (Forsbergh 1987, Brill 1994, Brill *et al.* 1999, 2005).

Desde la creación de las Organizaciones Regionales de Pesca (ORPs) de tónicos como la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) o la Comisión

Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA) se han referido al listado y rabil como túnidos tropicales (IATTC 1951<sup>1</sup>, FAO 1970). Sin embargo, la primera referencia del término túnido tropical, para referirse a las tres especies, es decir listado, patudo y rabil, se encontró en los documentos científicos de La Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (Fernández & García-Mamolar 1980). Es probable que este término aluda a las principales especies objetivo de los grandes cerqueros congeladores que operaban ampliamente en la década de los 80s.

Los túnidos tropicales tienen un gran interés para el sector pesquero debido a su comportamiento gregario, abundancia y contenido en grasa (López-González *et al.* 2007), entre otros aspectos como sabor, textura de la carne o alto contenido en omega 3. Por otra parte, según el último informe disponible de la FAO sobre el estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA, FAO 2016a), el listado y el rabil se encuentran entre las 7 especies marinas con mayores capturas desembarcadas.

Algunos estudios han señalado el declive de la biomasa de túnidos desde el comienzo de la pesca industrial, y han previsto un colapso global de las poblaciones de la megafauna marina en general, incluyendo los túnidos tropicales (Myers & Worm 2003, Worm *et al.* 2006). No obstante, estas previsiones han sido muy discutidas (por ejemplo Hampton *et al.* 2005, Hilborn 2007) e incluso reevaluadas por los propios autores (Worm *et al.* 2009). Además, para el caso de los túnidos tropicales, esas conclusiones no concuerdan con las estimaciones del estado de las distintas poblaciones evaluadas (por ejemplo informes de IOTC 2016, 2017; IATTC 2017, ICCAT 2017). Así, se considera que las mortalidades por pesca de los stocks de listado (*Katsuwonus pelamis*) se encuentran por debajo de la que proporcionarían los rendimientos máximos sostenibles (RMS) en el equilibrio.

---

<sup>1</sup>Second Meeting Inter American Tropical Tuna Commission, San José, Costa Rica, February 1, 1951. <<https://www.iattc.org/Minutes/Archives/2nd-1951-san-jose-CR.pdf>>

## EFFECTO DEL CLIMA Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL EN LOS TÚNIDOS TROPICALES

El efecto de las oscilaciones climáticas sobre los túnidos tropicales ha sido descrito recientemente, de tal manera que se conoce que estas oscilaciones pueden tener un efecto sobre la abundancia de estos recursos (Lima & Naya 2011, Kumar *et al.* 2014), condición reproductiva (Kanaji *et al.* 2012, Kim 2015) y reclutamiento (IATTC 2016). Además, las oscilaciones climáticas podrían afectar a la capturabilidad de los túnidos tropicales. Así, la IATTC (2016) reconoce que las capturas de patudo pueden ser afectadas por perturbaciones climáticas, como los eventos de El Niño, debido a que la termoclina alcanzó una mayor profundidad quedando los cardúmenes fuera del alcance de la red de cerco. Un efecto análogo de la Oscilación del Atlántico Norte ha sido observado para las capturas de rabil mediante cerco en el Atlántico Este (Rubio *et al.* 2016). Por otra parte, Báez *et al.* (2011) concluyen que las oscilaciones atmosféricas podrían afectar a la condición física del atún blanco (*Thunnus alalunga*) y tener un efecto acumulado a lo largo de su ciclo biológico afectando al número de puestas que pueden realizar a lo largo de su vida, lo que podría ser extensible al resto de túnidos.

La mayoría de los modelos climáticos predicen para los próximos cien años un incremento de la temperatura superficial del agua del mar de 3°C, un descenso del pH de 0,3 unidades, ampliación de las áreas donde las concentraciones de oxígeno por debajo de la capa de mezcla son inferiores a 30 mmol kg<sup>-1</sup> y una disminución de la salinidad de los océanos, que a su vez producirá una estratificación de las masas de agua (Nye 2010, Hansen & Stone 2015). Probablemente, estos cambios tendrían un efecto inmediato sobre la producción primaria, con efectos en cascada a lo largo de la cadena trófica. Por otra parte, los túnidos en general son sensibles a los niveles de concentración de oxígeno (Deary *et al.* 2015, Carlice *et al.* 2017) y, además, las larvas de túnidos podrían ser fisiológicamente sensibles a la acidificación de los océanos (Bromhead *et al.* 2015).

Algunos modelos prevén una reducción de la biomasa de los grandes peces pelágicos (Woodworth-Jefcoats *et al.* 2015) y de túnidos en particular (Lehodey *et al.* 2010, 2013; Dueri *et al.* 2014) para finales de este siglo (Tabla 1).

**Tabla 1. Principales predicciones resultado de las proyecciones de cambio climático por especies de túnidos y áreas de estudio / The main forecast results from climate change models per species and study areas**

Referencia	Especie	Área	Proyección	Consecuencias previstas
Loukos <i>et al.</i> (2003)	Listado	Océano Pacífico	2100	Se esperan cambios drásticos en el hábitat y distribución. Podría haber una mejora de las condiciones del hábitat al Este del Pacífico.
Lehodey <i>et al.</i> (2010)	Patudo	Océano Pacífico	2100	Se espera una mejoras del hábitat en el Pacífico tropical Oriental frente a una merma del hábitat en el Pacífico tropical Occidental, con la consiguiente disminución de la biomasa
Lehodey <i>et al.</i> (2011)	Listado y Patudo	Océano Pacífico	2100	Se prevé un aumento de la biomasa del listado, así como de las capturas en el Pacífico Oriental y un descenso en el Pacífico Central y Occidental. Para el patudo una disminución en toda el área.
Muhling <i>et al.</i> (2011)	Atún rojo	Océano Atlántico	2100	Se prevé que el Cambio Climático altere la extensión temporal y espacial de la actividad de desove del atún rojo ( <i>Thunnus thynnus</i> ), en el Golfo de México.
Lehodey <i>et al.</i> (2013)	Listado	Océano Pacífico	2100	Se prevé un ligero aumento de la biomasa en el océano Pacífico Central Occidental hasta 2050, luego la biomasa se estabiliza y comienza a disminuir después de 2060. Mejora del hábitat en el Pacífico tropical Oriental frente a una merma del hábitat en el Pacífico tropical Occidental.
Dueri <i>et al.</i> (2014)	Listado	Pantropical	2100	Cambios en la distribución, e incremento de la biomasa entre 2010-2050. Disminución de la abundancia hacia finales de siglo.
Dell <i>et al.</i> (2015)	Rabil	Este de Australia	2060	Cambios de distribución
Matear <i>et al.</i> (2015)	Listado	Pacífico Occidental	2060	No se espera cambios en el periodo analizado
Woodworth-Jefcoats <i>et al.</i> (2015)	Todas las especies	Pacífico Central Norte	2100	Reducción de la biomasa entre un 15-30%
Robinson <i>et al.</i> (2015)	Atún blanco, patudo, rabil, listado y atún rojo del sur ( <i>Thunnus maccoyii</i> ) entre otras especies	Este de Australia	2030-2070	Desplazamiento de los hábitats de las especies lejos del ecuador.
Yen <i>et al.</i> (2016)	Listado	Pacífico Central y Occidental	2050	Se espera un incremento en las capturas
Dueri <i>et al.</i> (2016)	Listado	Pantropical	2050, 2095 y 2100	Se espera un incremento en la biomasa para 2050-2095 en comparación a 2100, así como un cambio en su distribución, que afectarán los esfuerzos pesqueros locales y regionales. El océano Pacífico contendrá la mayor biomasa de listado.
Lehodey <i>et al.</i> (2017)	Rabil	Océano Pacífico	2100	El impacto del cambio climático sobre el rabil será mediado fundamentalmente a través de cambios en el área de puesta (especialmente, temperatura y productividad), lo cual afectará a las fases larvarias y reclutamiento. Se espera una disminución en el Pacífico Central y Occidental, y un incremento en el Pacífico Oriental.
Muhling <i>et al.</i> (2017)	Atún rojo	Océano Atlántico	2100	Se espera una reducción en el hábitat. Además, el cambio climático producirá un incremento del estrés metabólico sobre el atún rojo.
Mislan <i>et al.</i> (2017)	Atún rojo del Pacífico	Océano Pacífico	2100	Compresión del hábitat de las especies de atún debido al cambio climático. Los atunes que se verán más impactados por el bajío son los atunes aleta azul del Pacífico y del Sur.
Michael <i>et al.</i> (2017)	Túnidos capturados palangre	Océano Índico	2063-2068	Incremento de la Captura por Unidad de Esfuerzo en palangre.

Así, el calentamiento global podría conllevar cambios en la distribución de los tónidos tropicales tanto en su distribución vertical en la columna de agua (Deary *et al.* 2015), como horizontal, desplazándose hacia otras áreas (Dell *et al.* 2015, Evans *et al.* 2015), con posibles implicaciones, por ejemplo, para la distribución de esos recursos en la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de los países ribereños. Recientemente, Hill *et al.* (2016), concluyen que el actual ritmo en el que se está produciendo el cambio climático podría afectar a los grandes organismos pelágicos migradores, modificando sus áreas de distribución más rápido de lo que previamente se pensaba.

En este sentido, algunos estudios observan una tendencia al aumento de las capturas de listado en pesquerías recreativas en el Mediterráneo Occidental (Saber *et al.* 2015). Estas tendencias podrían estar relacionadas con el aumento de la temperatura del agua en la zona. Según estos autores los ejemplares de listado capturados en el Mediterráneo Occidental serían individuos emigrantes. Por tanto, el incremento de tónidos tropicales en el Mediterráneo, motivado por el incremento de la temperatura conlleva a la interacción y competencia con las otras especies de tónidos que se reproducen en la zona como el atún rojo (*Thunnus thynnus*) o el atún blanco (*T. alalunga*). Además, en el caso del Mediterráneo, se tratan de aguas poco productivas (Bas 2002), por lo que no podrían sostener grandes abundancias de tónidos emigrantes, además de las poblaciones ya existentes.

#### EL GRAN RETO DE ESTE SIGLO PARA LA GESTIÓN PESQUERA

De acuerdo con las Naciones Unidas la población mundial ha crecido en 1.000 millones en los últimos 12 años. Así, en el 2015 se alcanzaron los 7.300 millones de habitantes en el planeta, y se espera que para el 2050 haya 9.700 millones de habitantes. En las circunstancias actuales se dan crisis alimentarias prolongadas, especialmente en países de África Centro-Oriental, por lo que en un contexto de incremento poblacional y cambio climático se teme por el acrecentamiento de este problema (Naciones Unidas<sup>2</sup>, FAO 2016b).

Weng *et al.* (2015), señalan que para mantener la seguridad alimentaria en los países y territorios insulares del Pacífico, ante el incremento previsto de la población, será necesario un aumento de las capturas de tónidos tropicales. En esta línea, se considera a los tónidos un recurso esencial para la seguridad alimentaria mundial frente al incremento de la población mundial (HLPE 2014, Mullon *et al.* 2017).

El planeta está experimentando un período de rápido calentamiento global (Oreskes 2004). Asumiendo que son inevitables los efectos del calentamiento global a corto y medio plazo, y previendo que se incrementará la demanda del consumo de carne de especies marinas hacia el 2030, entre ellas los tónidos, debido al incremento de la población mundial, lo cual sumado al efecto, probablemente negativo que tendrá el cambio climático a nivel global, en las próximas décadas, podría desencadenar un colapso de los stocks comerciales de tónidos a largo plazo, lo cual ya ha sido señalado por algunos autores (Mullon *et al.* 2017). A esto hay que añadir que el calentamiento global podría reducir significativamente la concentración de ácidos grasos en tónidos, los cuales son beneficiosos para el consumidor (Pethybridge *et al.* 2015). Así, el gran reto de este siglo para la gestión pesquera consistirá en prever y encontrar políticas pesqueras que favorezcan la sostenibilidad de la pesca, frente a un incremento sustancial de la población humana, y en un entorno de cambio climático.

Existen muchos trabajos que intentan comprender el efecto del clima y el cambio climático sobre las pesquerías de tónidos de una forma indirecta, por ejemplo: Cox *et al.* (2002), Báez *et al.* (2013), Ganachaud *et al.* (2013) y Rubio *et al.* (2016). Sin embargo, son pocos los trabajos que realicen proyecciones de modelos climáticos en función a los diferentes escenarios de cambio climático.

Tras una búsqueda en los principales motores bibliográficos (*Scopus*®, *Web of Science*, *Google Scholar*, además de consultar los informes desde las diferentes ORPs de tónidos), con las palabras clave: *Tuna+Climate change projection, tuna modeling+projection, y forecasts+tuna population trends* se ha encontrado un exiguo número de estudios publicados sobre proyecciones de modelos climáticos frente a diferentes escenarios de cambio climáticos para tónidos (Tabla 1). Cabe destacar que la mayoría de estos estudios están enfocados al océano Pacífico (11 estudios más 2 de ámbito pantropical de 16 estudios descritos en la Tabla 1). Los

---

<sup>2</sup>Naciones Unidas. Asuntos que nos importan. Población. <<http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>>

resultados de los modelos, señalan de forma general que para el año 2100 habrá un incremento significativo de la biomasa de los tónidos tropicales en el Pacífico Oriental, frente a una disminución en el Pacífico Central y Occidental. Estos cambios estarán motivados, fundamentalmente, por cambios en el hábitat. Por este motivo, se hace necesario incrementar los estudios sobre el efecto del cambio climático en tónidos en otros océanos, con el fin de mejorar la gestión de sus poblaciones a nivel global. Además, las proyecciones presentan importantes incertidumbres, inherentes a los diferentes escenarios de cambio climático. Por este motivo, se hace necesaria la proyección de otros modelos de dinámica de poblaciones a corto plazo, y la validación de los mismos con observaciones empíricas, que podrían ayudar a calibrar los modelos a largo plazo, reduciendo la incertidumbre acumulada. Autores como Evans *et al.* (2015) y Yen *et al.* (2016) proponen considerar los diferentes escenarios de calentamiento global en la evaluación de los tónidos tropicales. Un problema aún más complejo es la evaluación del potencial efecto que pueden producir las poblaciones de tónidos tropicales inmigrantes, al modificar su distribución, en el nuevo ecosistema receptor.

Algunas de las posibles soluciones para mantener los actuales stocks de tónidos tropicales en niveles sostenibles de producción serían las siguientes: i) salvaguardar la biodiversidad marina y estructura trófica del ecosistema pelágico, ii) mejorar el aprovechamiento de la carne de los tónidos tropicales, así como de los pequeños tónidos que se capturan de forma accesoria y iii) mejorar la información pesquera y aplicar modelos de evaluación periódicamente de forma tal que la explotación no supere el RMS, tal y como ya se viene haciendo en las diferentes ORP de tónidos.

Según Pauly *et al.* (1998), cambios importantes en la estructura trófica marina podrían hacer declinar las poblaciones de depredadores marinos superiores. En este sentido, según Hiddink *et al.* (2008) la biodiversidad afecta a la capacidad de los sistemas vivos para responder a los cambios en el medio ambiente, y ayuda a mantener la función del ecosistema. Por lo tanto, se hace necesario preservar la biodiversidad del ecosistema pelágico en su conjunto.

La industria del atún ha hecho un progreso significativo en la utilización de los subproductos para el consumo humano (FAO 2016a). Sin embargo, en el atún enlatado,

que incluye importantes cantidades de los tónidos tropicales aquí descritos, tan sólo se utiliza el 32-40% de la materia prima. Otra parte, correspondiente a la carne oscura (10-13%) se envasa en latas o bolsas como alimento para mascotas (Sánchez-Zapata *et al.* 2011, FAO 2016a). Restaría por tanto casi otro 50% en el que se incluyen vísceras, espinas, estructuras óseas y escamas, que conllevan una mayor complejidad en su aprovechamiento. No obstante, desde la provincia de Cádiz (España), con una gran tradición en la pesca del atún rojo (*Thunnus thynnus*) se han creado productos de consumo humano de calidad a partir de las vísceras y la carne situada entre las espinas del atún, que es sin embargo desechada en otras especies. En esta línea, se podría estudiar la mejora del uso de los productos y derivados de los tónidos tropicales con el fin de aprovechar al máximo la biomasa capturada para consumo humano. Por otra parte, accesoria a la captura de tónidos tropicales, se captura una importante cantidad de pequeños tónidos (fundamentalmente *Auxis* spp. y *Euthynnus alletteratus*) para el que sólo existe un aprovechamiento local bajo el nombre de *faux poisson* (Amandè *et al.* 2017a), pero con una gran importancia social y económica en África. Amandè *et al.* (2017b) estiman la cantidad de *faux poisson* descargada en Abidjan (Costa de Marfil) en 21.582 t, procedente de las capturas accesorias de las pesquerías de cerco del Atlántico tropical, y que corresponde a su vez a la mitad de la cantidad capturada que podría ser aprovechable. En sendos trabajos, Amandè *et al.* (2017a, b) señalan la necesidad de crear políticas adecuadas para el manejo del *faux poisson*, enfocada a la sostenibilidad del recurso. Por lo tanto, se debería de mejorar el aprovechamiento comercial de los pequeños tónidos para maximizar la cantidad de alimento útil por operación de pesca, reduciendo en lo máximo posible el impacto de la pesca en el ecosistema.

Las diferentes ORPs de tónidos de forma regular y periódica evalúan el estado de las poblaciones de tónidos tropicales. Además, detectan lagunas de conocimiento y exhortan a solucionarlos. Dentro de estas organizaciones, se asegura un seguimiento y mejora continua del control de las pesquerías, y el desarrollo de medidas de gestión que aseguren la explotación sostenible de estos recursos. Es indispensable, por tanto, canalizar todas las acciones propuestas a través de la colaboración internacional que tiene lugar en las ORPs.

## CONCLUSIONES

En conclusión, se puede prever a medio y largo plazo un efecto del cambio climático en la dinámica de poblaciones de túnidos tropicales. Sin embargo, en la actualidad la mayoría de estudios están centrados en el océano Pacífico, por lo que hay un déficit muy notable de información sobre los efectos potenciales del cambio climático en otros océanos.

Por otra parte, con el fin de adaptar las recomendaciones de la FAO, se hace necesario maximizar la cantidad de alimento útil por operación de pesca, y reducir en lo máximo posible el impacto de la pesca en el ecosistema.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha visto beneficiado por los comentarios de dos revisores anónimos, los autores agradecen sus constructivos comentarios.

## LITERATURA CITADA

- Amandè MJ, AJ N'Cho, ND Kouakou, CM N'Cho, KF Koffi, ANC Kouadio, P Dewals & V Restrepo. 2017a.** Utilization and trade of faux poisson landed in Abidjan. Collective Volume of Scientific Paper ICCAT 73(2): 749-754.
- Amandè MJ, P Dewals, J Amalatchy, P Pascual, P Cauquil, BY Iries, L Floch & P Bach. 2017b.** Retaining bycatch to avoid wastage of fishery resources: How important is bycatch landed by purse-seiners in Abidjan? Collective Volume of Scientific Paper ICCAT 73(3): 947-952.
- Báez JC, JM Ortiz De Urbina, R Real & D Macías. 2011.** Cumulative effect of the north Atlantic oscillation on age-class abundance of albacore (*Thunnus alalunga*). Journal of Applied Ichthyology 27(6): 1356-1359.
- Báez JC, M Macías, M De Castro, M Gómez-Gesteira, L Gimeno & R Real. 2013.** Analysis of the effect of atmospheric oscillations on physical condition of pre-reproductive bluefin tuna from the Strait of Gibraltar. Animal Biodiversity and Conservation 36(2): 225-233.
- Bas C. 2002.** El mar Mediterráneo: recursos vivos y explotación, 518 pp. Ariel Ciencia, Barcelona.
- Brill RW. 1994.** A review of temperature and O<sub>2</sub> tolerance studies of tunas pertinent to fisheries oceanography, movement models and stock assessments. Fisheries Oceanography 3: 204-216.
- Brill RW, BA Block, CH Boggs, KA Bigelow, EV Freund & DJ Marcinek. 1999.** Horizontal movements, depth distribution of large, adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) near the Hawaiian Islands, recorded using ultrasonic telemetry: implications for the physiological ecology of pelagic fishes. Marine Biology 133: 395-408.
- Brill RW, KA Bigelow, MK Musyl, KA Fritches & EJ Warrant. 2005.** Bigeye tuna (*Thunnus obesus*) behavior and physiology and their relevance to stock assessments and fishery biology. Collective Volume Scientific Paper ICCAT 57(2): 142-161.
- Bromhead D, V Scholey, S Nicol, D Margulies, J Wexler, M Stein, S Hoyle, C Lennert-Cody, J Williamson, J Havenhand, T Ilyina & P Lehodey. 2015.** The potential impact of ocean acidification upon eggs and larvae of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). Deep-Sea Research II 113: 268-279.
- Carlise AB, RE Kochevar, MC Arostegui, JE Ganong, M Castleron, J Schratwiesser & BA Block. 2017.** Influence of temperature and oxygen on the distribution of blue marlin (*Makaira nigricans*) in the central Pacific. Fisheries Oceanography 26: 34-48.
- Cox SP, TE Essington, JF Kitchell, SJ Martell, CJ Walters, C Boggs & I Kaplan. 2002.** Reconstructing ecosystem dynamics in the central Pacific Ocean, 1952-1998. II. A preliminary assessment of the trophic impacts of fishing and effects on tuna dynamics. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 59(11): 1736-1747.
- Deary AL, S Moret-Ferguson, M Engels, E Zettler, G Jaroslaw & G Sancho. 2015.** Influence of Central Pacific Oceanographic conditions on potential vertical habitat of four tropical tuna species. Pacific Science 69(4): 461-475.
- Dell JT, WC Wilcox, RJ Matear, MA Chamberlain & AJ Hobday. 2015.** Potential impacts of climate change on the distribution of longline catches of yellowfin tuna (*Thunnus albacores*) in the Tasman Sea. Deep-Sea Research II 113: 235-245.
- Dueri S, L Bopp & O Maury. 2014.** Projecting the impacts of climate change on skipjack tuna abundance and spatial distribution. Global Change Biology 20(3): 742-753.
- Dueri S, P Guillotreau, R Jiménez-Toribio, R Oliveros-Ramos, L Bopp & O Maury. 2016.** Food security or economic profitability? Projecting the effects of climate and socioeconomic changes on global skipjack tuna fisheries under three management strategies. Global Environmental Change 41: 1-12.
- Evans K, JW Young, S Nicol, D Kolody, V Allain, J Bell, JN Brown, A Ganachaud, AJ Hobday, B Hunt, J Innes, A Sen Gupta, E van Sebille, R Kloser, T Patterson & A Singh. 2015.** Optimising fisheries management in relation to tuna catches in the western central Pacific Ocean: A review of research priorities and opportunities. Marine Policy 59: 94-104.
- FAO. 1970.** Report of the first meeting International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna. FAO Fisheries Report 84: 1-47.
- FAO. 2016a.** SOFIA. The state of world fisheries and aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all, 200 pp. FAO, Rome.

- FAO. 2016b.** El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Cambio climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria, 191 pp. FAO, Rome.
- Fernández AM & JM García-Mamolar. 1980.** Pesquería española de cerco de túnidos tropicales. Comentarios sobre su evolución en el periodo 1967-79. Collective Volume Scientific Paper ICCAT 9: 40-45.
- Forsbergh ED. 1987.** Rates of attrition, cohort analysis, and stock production models for skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the eastern Pacific Ocean. Internal Reports IATTC 20: 1-37.
- Ganachaud A, AS Gupta, JN Brown, K Evans, C Maes, LC Muir & FS Graham. 2013.** Projected changes in the tropical Pacific Ocean of importance to tuna fisheries. *Climatic Change* 119(1): 163-179.
- Hampton J, JR Sibert, P Kleiber, MN Maunde & SJ Harley. 2005.** Decline of Pacific tuna populations exaggerated? *Nature* 434: 61-62.
- Hansen G & D Stone. 2015.** Assessing the observed impact of anthropogenic climate change. *Nature Climate Change* 6: 532-537. <doi:10.1038/nclimate2896>
- Hiddink JG, BR MacKenzie, A Rijnsdorp, NK Dulvy, EE Nielsen, D Bekkevold, M Heino, P Lorange & H Ojaveer. 2008.** Importance of fish biodiversity for the management of fisheries and ecosystems. *Fisheries Research* 90: 6-8.
- Hilborn R. 2007.** Reinterpreting the state of fisheries and their management. *Ecosystem* 10: 1362-1369.
- Hill NJ, AJ Tobin, AE Reside, JG Pepperell & TCL Bridge. 2016.** Dynamic habitat suitability modeling reveals rapid poleward distribution shift in a mobile apex predator. *Global Change Biology* 22(3): 1086-1096.
- HLPE. 2014.** Sustainable fisheries and aquaculture for food security and nutrition. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome <<http://www.fao.org/3/a-i3844e.pdf>>
- IATTC. 2016.** Tunas, billfishes and other pelagic species in the Eastern Pacific Ocean in 2015. Fishery Status Report / Informe de la Situación de la Pesquería 14: 1-190. Inter-American Tropical Tuna Commission / Comisión Interamericana del Atún Tropical, La Jolla. <[https://www.iattc.org/PDFFiles/FisheryStatusReports/\\_Spanish/FisheryStatusReport14.pdf](https://www.iattc.org/PDFFiles/FisheryStatusReports/_Spanish/FisheryStatusReport14.pdf)>
- IATTC. 2017.** Tunas, billfishes and other pelagic species in the Eastern Pacific Ocean in 2016. Fishery Status Report- Informe de la Situación de la Pesquería 15: 1-191. Inter-American Tropical Tuna Commission / Comisión Interamericana del Atún Tropical, La Jolla. <[https://www.iattc.org/PDFFiles/FisheryStatusReports/\\_English/FisheryStatusReport15.pdf](https://www.iattc.org/PDFFiles/FisheryStatusReports/_English/FisheryStatusReport15.pdf)>
- ICCAT. 2017.** Report of the standing committee on research and statistics, 2 to 6 October, 2017. Madrid. <[https://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2017\\_SCRS\\_REP\\_ENG.pdf](https://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2017_SCRS_REP_ENG.pdf)>
- IOTC. 2016.** Report of the 19th Session of the Scientific Committee. IOTC Scientific Committee. Seychelles, 1-5 December 2016. IOTC-2016-SC19-R[E]: 1-215. <<http://www.iotc.org/documents/report-19th-session-scientific-committee>>
- IOTC. 2017.** Report of the 21<sup>st</sup> Session of the Indian Ocean Tuna Commission. Yogyakarta, Indonesia. 22-26 May, 2017. <<http://www.iotc.org/documents/report-21st-session-indian-ocean-tuna-commission>>
- Kanaji Y, T Tanabe, H Watanabe, T Oshima & M Okazaki. 2012.** Variability in reproductive investment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in relation to the ocean-climate dynamics in the tropical eastern Indian Ocean. *Marine and Freshwater Research* 63(8): 695-707.
- Kim S. 2015.** Effects of climate-induced variation in the catch distribution and biological characteristic of Skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* in the Western and Central Ocean. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 489-497.
- Kumar PS, GN Pillai & U Manjusha. 2014.** El Niño Southern Oscillation (ENSO) impact on tuna fisheries in Indian Ocean. *Springerplus* 3:591. <doi: 10.1186/2193-1801-3-591>
- Lehodey P, I Senina, J Sibert, L Bopp, B Calmettes, J Hampton & R Murtugudde. 2010.** Preliminary forecasts of population trends for Pacific bigeye tuna under the A2 IPCC scenario. *Progress in Oceanography* 86: 302-315.
- Lehodey P, I Senina, B Calmettes, J Hampton & S Nicol. 2013.** Modelling the impact of climate change on Pacific skipjack tuna population and fisheries. *Climatic Change* 119: 95-109.
- Lehodey P, I Senina, B Calmettes, M Dessert, S Nicol, J Hampton, N Smith, T Gorgues, O Aumont, M Lengaigne, C Menkes & M Gehlen. 2017.** Modelling the impact of climate change including ocean acidification on Pacific yellowfin tuna. Scientific Committee Thirteenth Regular Session, Rarotonga, Cook Island 9-17 August 2017. WCPFC-SC13-2'17/EB-WP-01. Western and Central Pacific Fisheries Commission. <<https://www.wcpfc.int/system/files/EB-WP-01%20SEAPODYM.pdf>>
- Lima M & DE Naya. 2011.** Large-scale climatic variability affects the dynamics skipjack tuna in the Western Pacific Ocean. *Ecography* 34(4): 597-605.
- López-González JL, MI Blasco-Ruiz, V Climent-Mata, FJ Fernández-Alonso, F Martínez-Feria, Á Pérez-Marco, JM Ruiz-Acevedo & D Sánchez-Quintana. 2007.** El atún y la alimentación mediterránea, 182 pp. Junta de Andalucía, Sevilla.
- Loukos H, P Monfray, L Bopp & P Lehodey. 2003.** Potential changes in skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) habitat from a global warming scenario: modelling approach and preliminary results. *Fisheries Oceanography* 12(45): 474-482.

- Matear RJ, MA Chamberlain, C Sun & M Feng. 2015.** Climate change projection for the Western tropical Pacific Ocean using a high-resolution ocean model: Implications for tuna fisheries. *Deep-Sea Research II* 113: 22-46.
- Michael PE, C Wilcox, GN Tuck, AJ Hobday & PG Strutton. 2017.** Japanese and Taiwanese pelagic longline fleet dynamics and the impacts of climate change in the southern Indian Ocean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 140: 242-250.
- Mislan KAS, CA Deutsch, RW Brill, JP Dunne & JL Sarmiento. 2017.** Projections of climate driven changes in tuna vertical habitat based on species specific differences in blood oxygen affinity. *Global Change Biology* 23(10): 4019-4028.
- Muhling BA, SK Lee, JT Lamkin & YY Liu. 2011.** Predicting the effects of climate change on bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) spawning habitat in the Gulf of Mexico. *ICES Journal of Marine Science* 68(6): 1051-1062.
- Muhling BA, R Brill, JT Lamkin, MA Roffer, SK Lee, YY Liu & F Muller-Karger. 2017.** Projections of future habitat use by Atlantic bluefin tuna: mechanistic vs. correlative distribution models. *ICES Journal of Marine Science* 74(3): 698-716.
- Mullon C, P Guillotreau, ED Galbraith, J Fortilus, C Chaboud, L Bopp, O Aumont & D Kaplan. 2017.** Exploring future scenarios for the global supply chain of tuna. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 140: 251-267.
- Myers RA & B Worm. 2003.** Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature* 423: 280-283.
- Nye J. 2010.** State of the gulf of Maine report climate change and its effects on ecosystems, habitats and biota, 18 pp. Technical Report, Gulf of Maine Council on the Marine Environment, Massachusetts.
- Oreskes N. 2004.** The scientific consensus on climate change. *Science* 306: 1686.
- Pauly D, V Christensen, J Dalsgaard, R Froese & F Torres. 1998.** Fishing down marine food webs. *Science* 279: 860-863.
- Pethybridge HR, CC Parrish, J Morrongiello, JW Young, JH Farley, RM Gunasekera & PD Nichols. 2015.** Spatial Patterns and Temperature Predictions of Tuna Fatty Acids: Tracing Essential Nutrients and Changes in Primary Producers. *PLoS ONE* 10(7): e0131598. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131598>>
- Robinson LM, AJ Hobday, HP Possingham & AJ Richardson. 2015.** Trailing edges projected to move faster than leading edges for large pelagic fish habitats under climate change. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 113: 225-234.
- Rubio CJ, D Macías, JA Camiñas, IL Fernández & JC Báez. 2016.** Effects of North Atlantic Oscillation (NAO) on Spanish catches of albacore (*Thunnus alalunga*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the north-east Atlantic Ocean. *Animal Biodiversity and Conservation* 39(2): 195-198.
- Saber S, P Muñoz, J Ortiz de Urbina, MJ Gómez-Vives, P Rioja & D Macías. 2015.** Analysis of catch trends of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) from the recreational fishery in the western Mediterranean Sea (2006-2014). In: Díaz del Río V, P Barcenás, LM Fernández-Salas, N López-González, D Palomino, JL Rueda, O Sánchez-Guillamón & JT Vázquez (eds). Volumen de comunicaciones VIII Simposio Margen Continental Ibérico Atlántico, pp. 517-520. Ediciones Sia Graf, Málaga.
- Sánchez-Zapata E, M Amensour, R Oliver, E Fuentes-Zaragoza, C Navarro, J Fernández-López, E Sendra, E Sayas & JA Pérez-Alvarez. 2011.** Quality characteristics of dark muscle from yellowfin tuna *Thunnus albacares* to its potential application in the food industry. *Food and Nutrition Sciences* 2(1): 22-30.
- Weng KC, E Glazier, S Nicol & AJ Hobday. 2015.** Fishery management, development and food security in the Western and Central Pacific in the context of climate change. *Deep-Sea Research II* 113: 301-311.
- Woodworth-Jefcoats PA, JJ Polovina, EA Howell & JL Blanchard. 2015.** Two takes on the ecosystem impacts of climate change and fishing: Comparing a size-based and a species-based ecosystem model in the central North Pacific. *Progress in Oceanography* 138: 533-545.
- Worm B, EB Barbier, N Beaumont, JE Duffy, C Folke, BS Halpern, JBC Jackson, HK Lotze, F Micheli, SR Palumbi, E Sala, KA Selkoe, J Stachowicz & R Watson. 2006.** Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314: 787-790.
- Worm B, R Hilborn, JK Baum, TA Branch, JS Collie, C Costello, MJ Fogarty, EA Fulton, JA Hutchings, S Jennings, OP Jensen, HK Lotze, PM Mace, TR McClanahan, C Minto, SR Palumbi, AM Parma, D Ricard, AA Rosenberg, R Watson & D Zeller. 2009.** Rebuilding Global Fisheries. *Science* 325: 578-585.
- Yen KW, NJ Su, T Teemari, MA Lee & HJ Lu. 2016.** Predicting the catch potential of Skipjack tuna in the western and central Pacific Ocean under different climate change scenarios. *Journal of Marine Science and Technology-Taiwan* 24(6): 1053-1062.

Recibido el 3 de mayo de 2017 y aceptado el 4 de enero de 2018

Editor: Claudia Bustos D.