

VARIACIÓN INTERANUAL DE LA CONDICIÓN FÍSICA DE LA MELVA (*AUXIS ROCHEI*) EN MIGRACIÓN PRE-REPRODUCTORA Y SU RELACIÓN CON LA OSCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE

P. Muñoz¹, D. Macias¹ and J.C. Báez¹

SUMMARY

Several authors highlight the fact that atmospheric oscillations might have an effect on the migratory species abundance, recruitment and physical condition. The major aim of this study was to elucidate a possible relationship between the physical condition of the bullet tuna (*Auxis rochei*) and the atmospheric oscillation based on 2,154 specimens collected by commercial fisheries along the Spanish Mediterranean coast in two different periods (1983-1984 and 2003-2014). The species conducts pre-reproductive migratory movements annually towards the spawning area along the Mediterranean coast. Both variations on sex-ratios and age were tested against the North Atlantic Oscillation (NAO). Significant differences between the LeCrem condition index for the individuals of the age class 2+ and NAO_w and NAO_{ant} were found. A better condition during years with positive NAO phase was found. These results could be explained by the environmental conditions during positive NAO phase that would enhance the migration process. Nonetheless, populations monitoring is recommended in order to elucidate the effect of climate on fitness of this migratory species.

RÉSUMÉ

Plusieurs auteurs soulignent le fait que les oscillations atmosphériques pourraient avoir un effet sur l'abondance des espèces migratoires, le recrutement et la condition physique. Le but principal de cette étude était de mettre à jour une relation susceptible d'exister entre la condition physique du bonitou (*Auxis rochei*) et l'oscillation atmosphérique fondée sur 2.154 spécimens recueillis par les pêcheries commerciales opérant le long de la côte méditerranéenne espagnole à deux périodes différentes (1983-1984 et 2003-2014). L'espèce réalise tous les ans des déplacements migratoires pré-reproductifs vers la zone de frai le long du littoral méditerranéen. Les deux variations, du ratio des sexes et de l'âge, ont été vérifiées par rapport à l'oscillation Nord-Atlantique (NAO). Des différences significatives ont été détectées entre l'indice de condition de LeCrem des spécimens de la classe d'âge 2+ et NAO_w et NAO_{ant} . Une meilleure condition a été observée pendant les années de phase positive de la NAO. Ces résultats pourraient s'expliquer par les conditions environnementales pendant la phase positive de la NAO qui intensifierait le processus migratoire. Néanmoins, le suivi des populations est recommandé afin d'éclaircir l'effet du climat sur l'adaptation de cette espèce migratoire.

RESUMEN

Las oscilaciones atmosféricas afectan directamente a muchas especies migradoras, reflejado en un cambio directo en su abundancia, reclutamiento o condición física. Este estudio tiene como principal objetivo elucidar posibles efectos de las oscilaciones climáticas (estandarizada por el índice NAO) sobre la condición física de la melva (*Auxis rochei*). Para ello se analizó el índice de condición de 2.154 ejemplares capturados mediante diferentes artes de pesca por pesquerías comerciales a lo largo de la costa Mediterránea española durante los periodos comprendidos entre 1983-1984 y 2003-2014. Las capturas tuvieron lugar durante el movimiento migratorio que esta especie realiza hacia las áreas de puesta situadas en el Mediterráneo occidental. La condición física se probó en relación con las oscilaciones atmosféricas teniendo en cuenta la edad y ratio de sexos. Se obtuvieron diferencias significativas entre el índice de condición para los individuos de clase de edad 2+ y los índices NAO_w y NAO_{ant} . En los años con un índice NAO positivo se observó una mejor condición física en los ejemplares estudiados. Esto podría deberse a que las condiciones ambientales durante los años de NAO en fase positiva facilitarían la migración. No obstante, se recomienda continuar con el seguimiento de las poblaciones para poder elucidar los efectos climáticos sobre la condición física de esta especie migratoria.

KEYWORDS

A. rochei, Atmospheric Oscillations, Climate Change, Mediterranean Sea, Condition Index

¹ Instituto Español de Oceanografía. C.O. Málaga. Pto Pesquero s/n, 29640, Fuengirola, España. E-mail: david.macias@ma.ieo.es

1. Introducción

Las especies migradoras pueden ver alterada su abundancia (Gancedo *et al.*, 2005; Báez *et al.*, 2011), condición física (Báez *et al.*, 2013) o reclutamiento (Borja and Santiago, 2002; Mejuto, 2003; Kell *et al.*, 2004; Goñi and Arrizabalaga, 2005; Gancedo *et al.*, 2009) en respuesta a cambios en las condiciones climáticas predominantes. No obstante, aún se desconocen los efectos que las oscilaciones climáticas pueden desencadenar en pequeños túnidos.

La melva, *Auxis rochei* (Risso, 1810) es un pequeño túnido del grupo de los escombriformes, con una talla y peso medios para el Mediterráneo en torno a 40 cm y 1.9 kg respectivamente (Valeiras and Abad, 2008) y con hábitos de vida gregarios, lo que les hace susceptibles de ser capturados por diferentes artes de pesca.

El índice NAO (por sus siglas en inglés *North Atlantic Oscillation*) es el más usado para abordar las oscilaciones atmosféricas en la zona del Mediterráneo (Vicente-Serrano and Trigo, 2011) el cual es considerado por la comunidad científica, como un punto caliente para los efectos del calentamiento global, pues sus consecuencias podrían ser aún más pronunciadas debido a su condición de mar interior. La NAO hace referencia a una diferencia de presiones atmosférica entre la zona de las bajas presiones situadas en torno a Islandia y la zona de altas presiones localizada próxima al archipiélago de las Azores.

El principal objetivo de este artículo es dilucidar los posibles efectos que las oscilaciones atmosféricas puedan ocasionar en la condición física de *A. rochei* capturados a lo largo de la costa Mediterránea española, durante el movimiento migratorio que anualmente realiza esta especie hacia sus épocas de puesta en torno a la zona de Baleares (Sabatés and Recasens, 2001).

2. Material y Métodos

2.1 Área de estudio y Datos pesqueros

El Mediterráneo occidental es una importante área de puesta para muchas especies de túnidos, ya que las temperaturas registradas durante la primavera y verano en la zona garantizan el reclutamiento y supervivencia de las larvas (García *et al.*, 2005). Por ello, se ha convertido en el destino de numerosas rutas migratorias con el Estrecho de Gibraltar y el Mar de Alborán como única vía de entrada desde el Océano Atlántico (García *et al.*, 2005).

Un total de 2154 ejemplares de *A. rochei* fueron analizados a partir de las capturas comerciales en distintas localizaciones a lo largo de la costa Mediterránea española por medio de diversos artes de pesca principalmente almadraba; durante los periodos de tiempo comprendidos entre los años 1983 a 1984, y 2003 a 2014.

Cada individuo fue medido a la horquilla hasta el centímetro más próximo, y pesados hasta el gramo más cercano. A continuación, cada individuo fue eviscerado, lo que permitió la identificación del sexo mediante examen visual de la gónada. Adicionalmente por medio de la clave talla-edad propuesta por Valeiras y Abad (2008), a cada individuo se le asignó una edad aproximada (1, 2 ó 3+).

A continuación, por medio de la relación talla-peso, se obtuvo el índice de condición de LeCren (LC) para cada individuo mediante la expresión propuesta por Froese (2006):

$$LC = \frac{P}{(a * LF^b)}$$

donde “a” y “b” son los coeficientes de regresión y “LF” es la longitud a la furca en centímetros y P es el peso en gramos.

2.2 Datos atmosféricos

Los datos correspondientes a los valores de las oscilaciones climáticas durante el periodo de estudio se obtuvieron en el sitio web de la Agencia NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*): <http://www.cpc.noaa.gov/>. No obstante, ya que se sabe que las oscilaciones atmosféricas presentan una fuerte variabilidad interanual y que además es lógico pensar que llevan asociado un cierto desfase temporal con respecto a la respuesta biológica, se consideró la utilización de las siguientes variables asociadas a dichas oscilaciones; NAO_w: comprende el valor promedio del índice en cuestión correspondiente a los meses de

invierno (de Octubre del año anterior a Marzo del año de captura); NAO_{ant} : basado en el valor del índice en cuestión el año anterior a la captura del individuo; NAO_{want} : implica el valor promedio de cada índice relativo a los meses de invierno (Octubre, Noviembre y Diciembre) del año previo a la captura de cada ejemplar. Finalmente, también se consideró el índice NAO.

2.3 Análisis de los datos

En primer lugar, se comprobó la normalidad de las distribuciones. Posteriormente se testaron las diferencias interanuales entre los valores de LeCren y el índice NAO mediante un test ANOVA, una vez confirmada la normalidad de las distribuciones, considerando intervalos de confianza del 95% ($\alpha=0.05$); por medio del software estadístico SPSS. Este procedimiento se realizó tanto para testar el conjunto de los datos de manera general así como para testar ambos sexos y las diferentes clases de edad.

La **Tabla 1** muestra un resumen de la procedencia de los individuos estudiados, así como el arte de pesca empleado para su captura.

3. Resultados y discusión

En lo relativo a la estructura por sexos, se obtuvo un valor de sex ratio de 1:1.22. No se observaron diferencias significativas entre el índice de condición por sexo. Los valores obtenidos para el índice de condición por sexo, así como los intervalos de talla y peso obtenidos, son expuestos en la **Tabla 2**. De manera similar no se observaron diferencias significativas por clase de edad (**Tabla 3**).

Por otro lado, en lo relativo a los índices climáticos, se obtuvieron diferencias significativas entre el índice de condición de LeCren frente a NAO_{ant} y NAO_w para los individuos de la clase de edad 3+. La **Tabla 4** muestra los resultados estadísticos obtenidos.

Los resultados obtenidos reflejan la existencia de diferencias significativas entre el índice de condición de LeCren y el NAO_w y NAO_{ant} ; ambos casos para la clase de edad 2. En ambos casos, el índice de condición medio es superior en el caso de los años con NAO en fase positiva. En este contexto, de acuerdo con Báez *et al.*, (2013) la fase de NAO positiva se caracteriza por vientos predominantes de componentes oeste que podrían facilitar la migración (Forchhammer *et al.*, 2002), disminuyendo el esfuerzo ejercido por los individuos que migran al Mediterráneo. En contraposición, durante los años con NAO en fase negativa, los individuos en migración tendrían que aumentar el gasto de energía durante la misma. Del mismo modo esto podría explicar los desfases encontrados.

El hecho de que no se hayan observado diferencias significativas para las clases 1 y 3+, puede ser debido a un efecto matemático ya que la mayor parte de los individuos analizados de estas clases de edad se concentran en años con poca variabilidad del índice NAO (**Tabla 5**). Por ejemplo, la clase de edad 3 presenta sus mayores efectivos en 5 años de fase positiva y un solo año de fase negativa. En este sentido las deficiencias de la serie de datos condicionan los resultados obtenidos en nuestro estudio

En lo que respecta al sexo, no se han encontrado diferencias significativas frente a las oscilaciones climáticas esto podría deberse a que las oscilaciones climáticas afectan por igual a ambos sexos.

Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto del IEO con sede en Málaga y los programas GPM-4 (IEO) y PNDB (EU-IEO).

Referencias

- Báez J.C., Ortiz De Urbina J.M., Real R. and Macías D. (2011) Cumulative effect of the north Atlantic oscillation on age-class abundance of albacore (*Thunnus alalunga*). *Journal of Applied Ichthyology* 27, 1356-1359.
- Báez J.C., Macías D., De Castro M., Gómez-Gesteira M, Gimeno L. and Real R. (2013a) 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, 225–233.
- Borja, A. & J. Santiago (2002). Does the North Atlantic Oscillation control some processes influencing recruitment of temperate tunas? ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap., 54: 964-984.
- Forchhammer M.C., Post E. and Stenseth N.C. (2002) North Atlantic Oscillation timing of long- and short-distance migration. *Journal Animal of Ecology* 71, 1002–1014.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241-253.
- García, A., Alemany, F., Rodríguez, J. M., Cortes, D., Corregidor, F., & Ceballos, E. (2005). Distribution and abundance of bullet tuna larvae (*Auxis rochei*) off the Balearic Sea during the 2003-2005 spawning seasons. ICCAT Meeting on Small Tunas Fisheries.
- Gancedo, U. (2005). Efecto de las variaciones climáticas en la distribución espacio-temporal de *Thunnus thynnus thynnus* (Linnaeus, 1758) y *Thunnus alalunga* (Bonnaterre, 1788) en el Océano Atlántico. Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas De Gran Canaria, Departamento de Biología, 182 pp.
- Gancedo, U., E. Zorita, A.P. Solari, G. Chust, A.S. del Pino, J. Polanco and J.J. Castro (2009). What drove tuna catches between 1525 and 1756 in southern Europe? *ICES J. Mar. Sci.*, 66: 1595-1604.
- Goñi, N. & H. Arrizabalaga (2005). Analysis of juvenile North Atlantic Albacore (*Thunnus alalunga*) catch per unit effort by surface gears in relation to environmental variables. *ICES J. Mar. Sci.*, 62:1475-1482.
- Hurrell, J.W. (1995). Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science*, 269: 676–679.
- Hurrell, J.W., Y. Kushnir, G. Ottersen & M. Visbeck (2003). An Overview of the North Atlantic Oscillation. In: *The North Atlantic Oscillation Climatic Significance and Environmental Impact* (Hurrell, J.W., Y. Kushnir, G. Ottersen & M. Visbeck, Eds.), pp. 1-35. Geophysical Monograph 134. Washington, D.C., U.S.A.
- Kell, L.T., J.M. Fromentin, V. Ortíz de Zárate, H. Arrizabalaga (2005). Can we detect the effects of environmental variations on fish populations through VPA outputs? The North Atlantic Albacore Case. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap., 58: 1256-1264.
- Mejuto, J. (2003). Recruit indices of the North Atlantic Swordfish (*Xiphias gladius*) and their possible link to atmospheric and oceanographic indicators during the 1982-2000 periods. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap., 55: 1506-1515.
- Rodríguez, J. *Oceanografía del Mar de Alborán*. Aldaba, 71-77 (1989).
- Valeiras, J. and Abad, E. (2006). *Bullet Tuna*. ICCAT Manual, International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna.
- Vicente-Serrano, S. & Trigo, R.M. (editores). *Hydrological, Socioeconomic and Ecological Impacts of the North Atlantic Oscillation in the Mediterranean Region Advances in Global Change Research*.

Tabla 1. Resumen de la procedencia de los ejemplares de *A. rochei* analizados así como el arte de pesca empleado en su captura.

<i>Location</i>	<i>Arte de Pesca</i>	<i>Subtotal (N)</i>	<i>Total (N)</i>
Almería	Cerco	75	75
Calpe	Curricán	4	4
Fuengirola	Cerco	99	99
	Almadraba	1845	
La Azohía	Curricán	19	1866
	Palangre	2	
La Poble de Farnals	Curricán	6	6
Málaga	Cerco	7	7
Motril	Cerco	24	24
	Curricán	4	
Palma	Cerco	58	62
Santa Pola	Curricán	2	2

Tabla 2. Resumen de los valores intervalos de talla, peso y condición física para ambos sexos.

Sexo	L_{\min} - L_{\max}	P_{\min} - P_{\max}	LC_{\min} - LC_{\max} (Promedio)
Machos (N=307)	31-48.2	440-1766	0.767-1.287 (0.999)
Hembras (N=375)	28.2-46	318-1678	0.826-1.172 (0.993)

Tabla 3. Resumen de los valores intervalos de talla, peso y condición física para cada clase de edad.

Clase de Edad	L_{\min} - L_{\max}	P_{\min} - P_{\max}	LC_{\min} - LC_{\max} (Promedio)
1 (177)	31-39	440-1070	0.861-1.287 (0.999)
2 (N=131)	35.9-43	790-1474	0.807-1.247 (0.994)
3+(N=26)	40.4-48.2	982-1766	0.767-1.184 (1.004)

Tabla 4. Valores estadísticos obtenidos para el test ANOVA entre LC y los índices atmosféricos.

Variables correlacionadas	p- value	F
$LC_{Edad\ 2} - NAO_w$	0.026	8.612
$LC_{Edad\ 2} - NAO_{ant}$	0.026	8.612

Tabla 5. Frecuencia de años observados por clases de edad observados en años de NAO en fase negativa, y años de NAO en fase positiva.

Clase de edad	NAO_{ant+}	NAO_{ant-}
1	6	2
2	5	3
3+	5	1