

## RELACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES DE ABUNDANCIA ESTANDARIZADOS DE LAS ALMADRABAS Y LA OSCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE (NAO)

José C. Báez<sup>1</sup>, José M. Ortiz de Urbina, José Miguel de la Serna & David Macías

### SUMMARY

*The aim of this study is to describe the possible relations between the NAO (North Atlantic Oscillation) climate index and the standardised catches in the Spanish traps in the Straits of Gibraltar from 1981 to 2011. There is a significant negative relationship regarding the probability of obtaining catches in traps that are greater than the average for the period based on the NAO index.*

### RÉSUMÉ

*La présente étude vise à décrire les éventuelles relations entre l'indice climatique de l'oscillation de l'Atlantique Nord (NAO, d'après les sigles anglais) et les prises standardisées des madragues espagnoles dans le détroit de Gibraltar entre 1981 et 2011. Nous avons établi une relation significative et négative entre la probabilité d'obtenir des captures des madragues supérieures à la moyenne de la période en fonction de l'indice NAO.*

### RESUMEN

*El objetivo del presente estudio es describir las posibles relaciones entre el índice climático NAO (de sus siglas Oscilación del Atlántico Norte) y las capturas estandarizadas en las almadrabas españolas en el Estrecho de Gibraltar entre el periodo 1981-2011. Nosotros encontramos una relación significativa y negativa entre la probabilidad de obtener unas capturas en almadraba superiores al promedio del periodo en función al índice NAO.*

### PALABRAS CLAVES

*Almadraba, Atún rojo, clima, Oscilaciones atmosféricas*

## 1. Introducción

Las almadrabas del Sur de la Península Ibérica (cercanas al Estrecho de Gibraltar) son una pesquería tradicional de atún rojo (*Thunnus thynnus*), de un gran valor económico y social en la zona. La Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT), conjuntamente con muchos autores, consideran de gran importancia el estudio del efecto del clima sobre la variabilidad temporal en estas pesquerías (por ejemplo Báez et al., 2011).

El clima en el océano Atlántico, la cuenca del Mediterráneo, y los continentes circundantes, muestra una considerable variabilidad en un amplio rango de tiempo. En este contexto, la Oscilación del Atlántico Norte, conocido en la literatura científica como índice NAO (por sus siglas en inglés *North Atlantic Oscillation*), juega un papel esencial en las fluctuaciones de las condiciones climáticas del hemisferio norte. El componente atmosférico de la NAO hace referencia a una variación en la prevalencia entre el anticiclón de las Azores y la región de bajas presiones cerca de Islandia, oscilando de un mes a otro la influencia del anticiclón.

La NAO es la mayor fuente de variabilidad, tanto estacional como interanual, de la circulación atmosférica en el Atlántico Norte, especialmente en invierno cuando es más pronunciada (Hurrell, 1995; Bojariu & Gimeno, 2003).

---

<sup>1</sup> Instituto Español de Oceanografía. C.O. Málaga. Pto. Pesquero s/n, 29640, Fuengirola, España. E-mail: jcarlos.baez@ma.ieo.es

El índice NAO puede adquirir símbolo positivo o negativo, lo que a su vez puede tener diferentes repercusiones en el clima. Así, durante una fase positiva de la NAO se observan en Islandia, y en todo el ártico, anomalías de presión negativa a nivel del mar, mientras que en la zona de Azores se observan anomalías de presión positiva a nivel del mar. Durante una fase negativa de la NAO estos fenómenos se verifican en sentido contrario. Durante una fase positiva los vientos de componente oeste son más fuertes que el promedio, lo que conlleva a condiciones de bajas temperaturas en el noreste americano, mientras que en Europa predominan condiciones más secas y cálidas, con inviernos suaves. Cuando la NAO se encuentra en una fase negativa, los fenómenos meteorológicos como bajas temperaturas en Europa, acompañadas de tormentas y temporales se intensifican, dando lugar a inviernos crudos en Europa.

El índice NAO ha sido muy útil para explicar la variabilidad interanual en muchas series ecológicas. Por este motivo muchos autores han formulado la hipótesis en la respuesta en la captura de la almadraba en función a la NAO (por ejemplo Gancedo et al., 2009), pero sin encontrar relaciones aparentes. Recientes trabajos, sin embargo, han encontrado relaciones entre el índice de condición del atún rojo pre-reproductor y las oscilaciones climáticas (Macías et al., 2011).

El objetivo del presente estudio es describir las posibles relaciones entre el índice climático NAO y las capturas estandarizadas en las almadrabas españolas en el Estrecho de Gibraltar entre el periodo 1981-2011.

## 2. Material y Métodos

El índice de abundancia de las almadrabas españolas se utiliza de forma habitual en los procesos de calibrado de los modelos de análisis de la población virtual utilizados en la evaluación de atún rojo del stock del Atlántico Este y Mediterráneo llevada a cabo por ICCAT.

Se utilizó la serie de índices de abundancia relativa para las capturas de atún rojo (*Thunnus thynnus*) de las almadrabas españolas del estrecho de Gibraltar para el período 1981- 2011, reportadas por Ortiz de Urbina et al. (2013). Estos autores estandarizaron la CPUE mediante técnicas de GLM asumiendo un error de tipo binomial negativo.

El índice NAO estandarizado mensual desde 1950 a la actualidad es accesible desde la web de la National Oceanic and Atmospheric Administration:  
[http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao\\_index.html](http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao_index.html)

Dado el desfase que existe entre el efecto de las oscilaciones atmosférica y la llegada de individuos a las almadrabas se tomó el promedio de índice NAO del año previo a la captura (en adelante NAO<sub>p</sub>).

Desde una serie ecológica, al tomar un año al azar e intentar predecir si ese año en concreto presenta una tendencia mayor o menor al promedio completo de la serie, en función a otro factor, introduce inevitablemente un componente probabilístico. Además, al entender que existen multitud de factores que interfieren en las pesquerías, y dado que la NAO presenta una tendencia oscilatoria (por definición) se decidió emplear la regresión logística binaria para testar la probabilidad de que un año cualesquiera presente unas capturas de atún rojo mayor que la media en función a al índice NAO medio del año anterior. En este contexto, la regresión logística ha sido empleada en múltiples ejemplos para relacionar largas series ecológicas con la NAO (por ejemplo, Báez et al., 2011; Báez & Real, 2011; Real & Báez, 2012).

## 3. Resultados

En la **Tabla 1** se presentan los valores del índice anual estandarizado en valores absolutos y escalados con respecto al primer año de la serie. Además, se muestran el índice NAO medio del año anterior.

La tendencia para las tasas de captura estandarizadas con los correspondientes intervalos de confianza del 95% - basados en una aproximación normal se presenta en la **Figura 1**.

Se obtuvo una relación significativa y negativa entre la probabilidad de obtener unas capturas en las almadrabas por encima de la media en función de la NAO<sub>p</sub> (Wald = 4.224, p= 0.04; Chi-cuadrado Omnibus test= 5.546, gl= 1, p= 0.019), de acuerdo a la función logit (**Figura 1**):

$$y = -0.11 - 2.546 \text{ NAOp}$$

Este modelo se encontraba bien calibrado como demuestra el hecho de que no había diferencias significativas entre la distribución de eventos observados con respecto los observados (Hosmer & Lemeshow:  $\chi^2 = 10.053$ ,  $gl = 8$ ,  $p = 0.261$ ), asimismo la capacidad de discriminación era buena ( $AUC = 0.727$ ).

#### 4. Discusión

En función a nuestros resultados se espera una relación negativa entre el total de capturas en las almadrabas y el índice NAO medio del año anterior. Así, una fase negativa de la NAO conlleva la reducción del gradiente de presión en las tormentas de invierno (más débiles) de oeste a este. De tal manera que prevalece aire húmedo en el mediterráneo y frío para el norte de Europa. El área del círculo polar ártico y Groenlandia, sin embargo, tendrá temperaturas invernales más suaves de lo normal.

Se ha especulado que fases negativas de la NAO podrían producir mayores aportes continentales a los ríos, aumentando la productividad a lo largo de las áreas costeras. De hecho las pesquerías de pequeños pelágicos de vida corta, como *Engraulis encrasicolus*, están relacionadas con la NAO en fase negativa (Báez & Real, 2011). Es posible que los atunes en su migración anual atraídos por esta mayor productividad de las áreas costeras pasen en mayor proporción cerca de la costa, lo cual genera mayor proporción de capturas en la almadraba.

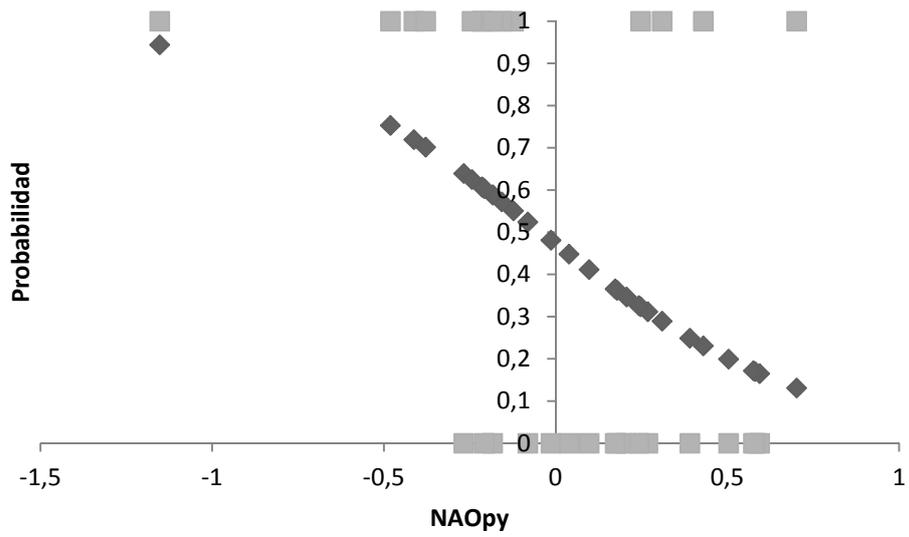
El resultado de mayor interés del presente estudio es que al depender las capturas en las almadrabas de la NAO media del año anterior, que es un valor conocido antes de la colocación de la almadraba, podría tener interés en la gestión de las pesquerías.

#### Referencias

- BÁEZ, J.C., Ortiz De Urbina, J.M., Real, R., Macías, D. 2011. Cumulative effect of the north Atlantic oscillation on age-class abundance of albacore (*Thunnus alalunga*). *Journal Applied Ichthyology*, 27: 1356-1359.
- BÁEZ, J.C., Real, R. 2011. The North Atlantic Oscillation affects the landings of Anchovy *Engraulis encrasicolus* in the Gulf of Cádiz (South of Spain). *Journal Applied Ichthyology*, 27: 1232-1235.
- BOJARIU, R., Gimeno, L. 2003. Modelling and predictability of the North Atlantic Oscillation, *Earth Science Reviews*, 63(1-2), 145-168.
- GANCEDO, U., Zorita, E., Solari, A. P., Chust, G., del Pino, A. S., Polanco, J., Castro, J.J. 2009. What drove tuna catches between 1525 and 1756 in southern Europe? *ICES J. Mar. Sci.* 66, 1595-1604.
- HURRELL, J.W. 1995. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science*, 269: 676-679.
- MACÍAS, D., Báez, J.C., Alot, E., Rioja, P., Gómez-Vives, M.J., Ortiz De Urbina, J.M. & Real, R. (2011). Factores de condición del atún rojo pre-reproductor capturado en el Estrecho de Gibraltar y su correlación con las oscilaciones atmosféricas. *Collective Volume Scientific Paper, ICCAT*, 68(1): 267-275.
- ORTIZ DE URBINA, J.M, Rodríguez-Marín, E., de la Serna1, J.M., Macías, D., Rioja, P. & Saber, S. (2013). Updated standardized CPUE of bluefin tuna (*thunnus thynnus*) caught by Spanish traps for the period 1981- 2011. *Collective Volume Scientific Paper, ICCAT*, 69(1): 287-291.
- REAL, R., Báez J.C. 2012. The North Atlantic Oscillation affects the quality of Cava (Spanish sparkling wine). *International Journal of Biometeorology*, 57 (3): 493-496.

**Tabla 1.** Índice de abundancia relativa estandarizado, índice de abundancia relativa estandarizado escalado con respecto al primer año de la serie, error estándar y coeficiente de variación (CV %). ABFT, captura anual en número de individuos. Almadrabas españolas. 1981- 2011.

<i>año</i>	<i>Índice estandarizado</i>	<i>Índice std. escalado</i>	<i>Error estándar</i>	<i>CV(%)</i>	<i>Índice medio NAO año anterior</i>
1981	2989.6390	1.0000	920.1708	30.7787	-0.4125
1982	4044.7260	1.3529	717.5338	17.7400	-0.2125
1983	4255.1510	1.4233	754.7967	17.7384	0.43
1984	4679.2140	1.5651	829.8913	17.7357	0.31
1985	3176.3620	1.0625	563.7608	17.7486	0.2475
1986	1137.3800	0.3804	178.3921	15.6845	-0.18333333
1987	1519.6960	0.5083	237.9982	15.6609	0.50333333
1988	3450.2090	1.1541	538.9775	15.6216	-0.1225
1989	1852.4440	0.6196	289.8761	15.6483	-0.01333333
1990	3849.9770	1.2878	601.3035	15.6184	0.70166667
1991	2024.9650	0.6773	316.7733	15.6434	0.59416667
1992	1847.9100	0.6181	289.1692	15.6484	0.26833333
1993	1710.5490	0.5722	267.7536	15.6531	0.58083333
1994	1634.1600	0.5466	255.8441	15.6560	0.17916667
1995	1181.4930	0.3952	185.2698	15.6810	0.57583333
1996	1797.5840	0.6013	281.3230	15.6501	-0.08083333
1997	4892.1810	1.6364	763.7892	15.6125	-0.21416667
1998	3318.0590	1.1099	518.3745	15.6228	-0.15666667
1999	5939.7230	1.9868	927.1069	15.6086	-0.48083333
2000	2675.8930	0.8951	418.2569	15.6306	0.39083333
2001	2140.6850	0.7160	334.8148	15.6405	0.20666667
2002	2999.5570	1.0033	468.7182	15.6263	-0.1825
2003	1335.0040	0.4465	237.6843	17.8040	0.03916667
2004	1325.3220	0.4433	207.6939	15.6712	0.0975
2005	1567.4960	0.5243	245.4506	15.6588	0.2425
2006	2149.3060	0.7189	336.1587	15.6403	-0.2675
2007	2616.5610	0.8752	409.0067	15.6315	-0.2075
2008	2306.9660	0.7717	360.7390	15.6369	0.17333333
2009	3695.1420	1.2360	577.1639	15.6195	-0.37833333
2010	5035.7730	1.6844	786.1759	15.6118	-0.24333333
2011	2953.0510	0.9878	461.4676	15.6268	-1.1525



**Figura 1.** Probabilidad de encontrar un año con unas capturas en las almadrabas mayores al promedio total de la serie en función de la NAO. Se muestran los eventos positivos y negativos.