

Análisis temporal de varamientos de tortuga laúd, *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761) en las costas de Andalucía en un contexto de calentamiento global

Temporal analysis of leatherback turtle *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761) strandings along Andalusia Coasts in a context of global warming

E. Torreblanca (1), J.J. Bellido (1), J.A. Camiñas (2), R. Real (1) & J. C. Báez (1,2)

- (1) Universidad de Málaga, Departamento de Biología Animal
(2) Instituto Español de Oceanografía, C.O. Málaga, Puerto Pesquero s/n, 29640, Fuengirola, Málaga, España.
E-mail: stefawhitetower@gmail.com

Abstract: Leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*, Vandelli, 1761) is a large migratory species reproducing in Atlantic areas and abundant in the Mediterranean Sea, where nesting beaches do not exist. Leatherback stranding occasionally occurs in the Andalusia coasts (183 turtles during 1990-2011 period). This communication study a possible inter and intra annual temporal patterns in leatherback strandings in the area and analyze the effects of atmospheric oscillations on their arrivals in the Mediterranean. The North Atlantic Oscillation (NAO) plays an essential role in climate fluctuations affecting the North Atlantic and associated biological components. Recent studies showed that the Arctic Oscillation (AO) is highly correlated with NAO, explaining more accurately variations found in ecological time series. The summer months concentrate significantly a higher number of leatherback turtle strandings. Moreover, the results show a significant negative correlation between the stranding frequency and the average rate of the AO.

Key words: *Dermochelys coriacea*, strandings, climate oscillations, global warming, conservation.

1. INTRODUCCIÓN

De las siete especies de tortugas marinas presentes en el Mar Mediterráneo, la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) está considerada la segunda especie más abundante, después de la tortuga boba (*Caretta caretta*), a pesar de no presentar playas de puesta en dicho mar (Camiñas, 1997; Casale *et al.*, 2003). La tortuga laúd es un gran migrador pelágico de amplia distribución mundial, que se alimenta fundamentalmente de organismos gelatinosos (Witt *et al.*, 2007). Se ha observado la existencia de correlación entre esta especie y agregaciones de *Rhizostoma* spp., lo cual explica casi una cuarta parte de la variabilidad de presencia de tortugas marinas en el mar de Irlanda (Houghton *et al.*, 2006).

La migración es una estrategia biológica que permite a los individuos explotar recursos temporalmente abundantes, y evitar condiciones adversas que prevalecen en determinadas áreas y épocas (Robinson *et al.*, 2008). En este contexto, el calentamiento global afecta la magnitud y frecuencia de los eventos extremos. La principal consecuencia es la disociación de las variables climáticas y la migración, es decir prevalecen las migraciones a destiempo. Por otra parte, muchos autores han discutido sobre el efecto que las oscilaciones atmosféricas pueden tener sobre las especies migratorias (Robinson *et al.*, 2008, y sus referencias).

Debido a la magnitud de estos cambios difiere notablemente entre regiones (Robinson *et al.*, 2008), además, sus efectos son más difíciles de predecir. Por esta razón, algunos autores han propuesto analizar la respuesta de las especies migratorias a los fenómenos climáticos de gran escala, como la Oscilación del Atlántico Norte (NAO de sus siglas en inglés *North Atlantic Oscillation*), que integran las condiciones climáticas en grandes áreas, en lugar de a las condiciones climáticas locales (Forchhammer *et al.*, 2002; Robinson *et al.*, 2008).

El componente atmosférico de la NAO se refiere a una oscilación meridional entre el anticiclón de las Azores y la región de bajas presiones cerca de Islandia. Se trata de la mayor fuente de variabilidad, tanto estacional como interanual, de la circulación atmosférica en el Atlántico Norte (Hurrell, 1995). Parte del Atlántico y mares adyacentes responden rápida y localmente a la NAO variando la temperatura superficial del mar, la profundidad de la capa de mezcla, el contenido de calor del océano, el grosor de la cubierta del hielo marino y la circulación de las corrientes superficiales, además de la intensidad y dirección de los vientos predominantes (Visbeck *et al.*, 2001). Recientes estudios geofísicos han puesto de manifiesto la fuerte relación existente entre la NAO y la Oscilación del Ártico (AO, de sus siglas en inglés *Arctic Oscillation*) (Overland *et al.*, 2010). La AO,

al igual que la NAO puede ser positiva o negativa. La polaridad positiva de la AO se caracteriza por un fortalecimiento del vórtice polar desde la superficie hasta la estratosfera inferior. Algunos autores, han señalado que el calentamiento global, a través de la circulación atmosférica general, afecta a las oscilaciones climáticas (Vicente-Serrano *et al.*, 2001)

Debido a sus amplias migraciones atlánticas, la tortuga laúd vara frecuentemente en las costas del sur de la Península Ibérica, tanto en el Atlántico como en el mar Mediterráneo (Camiñas, 1997, 2004, Camiñas & González de Vega, 1997). El análisis sistemático de los varamientos es un método indirecto, que ayuda a comprender las tendencias en la abundancia local de los grandes vertebrados pelágicos migradores, y ayudan a comprender los factores que afectan las migraciones de los grandes vertebrados pelágicos (por ejemplo Bellido *et al.*, 2009; 2010; 2012).

El objetivo del presente estudio es analizar los patrones temporales de los varamientos de la tortuga laúd en la costa andaluza y su posible relación con las oscilaciones climáticas.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La administración de Andalucía (España) recoge sistemáticamente los datos de varamientos ocurridos en sus costas. Entre 1990 y 2011, se han registrado 183 varamientos de tortuga laúd.

En un primer paso se analizó la variabilidad intra e interanual de los varamientos. La variabilidad intranual se analizó mediante un test de frecuencia Chi-cuadrado. Además, se realizó un ajuste de Bonferroni para determinar los intervalos de varamientos esperables por meses (Byers *et al.*, 1984, Cameron & Spencer, 2008; Bellido *et al.*, 2012). Este estadístico se representa como:

$$p - Z_{\alpha/2k} \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} \leq p \leq p + Z_{\alpha/2k} \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}}$$

Donde p es la proporción de varamientos por zona, $\alpha=0,05$, k es el número de meses evaluado, $Z_{\alpha/2k}$ es el valor de tabla normal estándar superior correspondiente a un área de probabilidad $\alpha/2k$ y N es el total de varamientos.

La variabilidad interanual de la serie se analizó mediante un análisis espectral, con la intención de buscar la existencia de patrones temporales cíclicos; este análisis se realizó usando el programa PAST (<http://folk.uio.no/ohammer/past/>) (Hammer *et al.*, 2001; Hammer & Harper, 2006).

En un segundo paso se analizó la correlación de los varamientos con las oscilaciones atmosféricas NAO y AO. Muchos estudios destacan la existencia de una

fuerte variabilidad interanual (por ejemplo Hurrell, 1995), por ésta razón se han usado medias anuales del año en curso y anterior (denotadas como NAOant y AOant). Los valores de los índices NAO y AO se tomaron de la página web de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA): <http://www.cpc.noaa.gov>

Se usó la correlación de Pearson entre los varamientos de tortuga laúd y las oscilaciones atmosféricas NAO, AO, NAOant y AOant. La normalidad de los datos se comprobó previamente mediante un test de Kolmogorov-Smirnov (Sokal & Rohlf, 2012).

3. RESULTADOS

No se observaron patrones cíclicos interanuales. En relación al componente intranual, existen diferencias significativas entre los varamientos observados en los meses de verano, frente al resto de meses (Tabla I) (Chi-cuadrado= 143; $P < 0,0001$).

Se observa una correlación significativa ($r = -0,426$; $P = 0,048$) entre los varamientos y una AO negativa del mismo año. Cuando la AO del año en curso es negativa, aumentan los varamientos de tortuga laúd.

Tabla I: Número de varamientos observados por meses entre 1990 y 2011 con los correspondientes intervalos de Bonferroni.

Mes	Observado	Intervalos de Bonferroni
Enero	4	9,66755 $\leq p \leq$ 0
Febrero	5	11,3188 $\leq p \leq$ 0
Marzo	8	15,9251 $\leq p \leq$ 0
Abril	4	9,66755 $\leq p \leq$ 0
Mayo	14	24,3026 $\leq p \leq$ 3,69742
Junio	26	39,5324 $\leq p \leq$ 12,4676
Julio	37	52,5674 $\leq p \leq$ 21,4326
Agosto	42	58,2994 $\leq p \leq$ 25,7006
Septiembre	17	28,2517 $\leq p \leq$ 5,74833
Octubre	11	20,213 $\leq p \leq$ 1,78704
Noviembre	8	15,9251 $\leq p \leq$ 0,07494
Diciembre	7	14,4344 $\leq p \leq$ 0

4. DISCUSIÓN

De las 183 tortugas laúd varadas, solo 4 estaban vivas, lo cual a diferencia de los varamientos observados de tortuga boba (ver por ejemplo Bellido *et al.*, 2008), podría indicar que los varamientos tienen lugar principalmente por el empuje de la corriente hacia la costa. Sin embargo, al igual que en el caso de la tortuga boba, los varamientos de tortuga laúd se producen fundamentalmente en verano.

Báez *et al.* (2014) encontraron que las fases negativas de la NAO del año anterior, favorecen la captura accidental de la tortuga laúd por la flota palangrera

en el Mediterráneo Occidental. Según Báez *et al.* (2014) la fase negativa de la NAO puede implicar un aumento de la escorrentía y un aumento en la aportación de sedimentos procedentes de las zonas emergidas; este aumento de nutrientes puede incrementar la producción de plancton, lo cual atrae a las medusas, que a son un componente importante de la alimentación de la tortuga laúd. De forma similar, sugerimos que una fase negativa de la NAO/AO podría incrementar la productividad planctónica y atraer a la tortuga laúd a las costas andaluzas, lo cual puede incrementar la probabilidad de varamiento debido a causas secundarias (por ejemplo, colisión con barcos, interacción con artes de pesca, etc.). Los actuales resultados coinciden con estudios previos, realizados con datos de varamientos procedentes de diversas fuentes (Báez *et al.*, 2012).

A partir de los presentes resultados, podemos concluir que la tortuga laúd se acercaría a las costas andaluzas en sus grandes migraciones tróficas, fundamentalmente en verano y favorecidas por ciclos negativos de la NAO/AO; debido a la interacción con actividades humanas, algunos ejemplares mueren varando en la costa. Por tanto, conociendo la fase de la NAO/AO, podría prevenirse o reducirse la mortalidad por causas no naturales de estos animales reforzando las campañas de concienciación en momentos de mayor vulnerabilidad o mediante políticas que limiten las actividades marinas. El análisis de las condiciones ambientales del océano se contempla por tanto como una herramienta adecuada para la reducción de la mortalidad de origen antrópico de la tortuga laúd, a través de la creación de campañas de información adecuadas a la situación de los ciclos de NAO y AO.

Agradecimientos

Agradecemos a la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía y al IEO la cesión de los datos analizados en este estudio.

REFERENCIAS

- Báez, J.C., Macías, D., García-Barcelona, S. & Real, R. (2014). Interannual Differences for Sea Turtles Bycatch in Spanish Longliners from Western Mediterranean Sea. *The Scientific World Journal*, 2014, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/861396>.
- Báez, J.C., Bellido, J.J., Camiñas, J.A. & Real, R. (2012). ¿Puede el calentamiento global alterar la llegada de tortuga laúd al Mar Mediterráneo? *Actas XII Congreso Luso-Español de Herpetología*, Murcia, 60-61.
- Byers, C.R., Steinhorst, R.K. & Krausman, P.R. (1984). Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *The Journal of Wildlife Management*, 48, 1050-1053.
- Bellido, J.J., Báez, J.C., Sanchez, R.F., Castillo, J.J., Martín, J.J., Mons, J.L. & Real, R. (2008). Mass strandings of cold-stunned loggerhead turtles in the south Iberian Peninsula: ethological implications. *Ethology Ecology and Evolution*, 4, 401-405.
- Bellido, J.J., Castillo, J.J., Pinto, F., Martín, J.J., Mons, J.L., Báez, J.C. & Real, R. (2009). Differential geographical trends for loggerhead turtles stranding dead or alive along the Andalusian coast, southern Spain. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90, 1-7.
- Bellido, J. J., Báez, J. C., Castillo, J. J., Pinto, F., Martín, J. J., Mons, J.L., & Real, R. (2010). Loggerhead stranding and captured along the Spanish Coast: natural causes affect smaller individuals than human causes do. *Chelonian Conservation and Biology*, 92, 276-282.
- Bellido, J.J., Báez, J.C., León, D., Castillo, J.J., Pinto, F., Martín, J.J., Mons, J.L. & Real, R. (2012). Geographical trends of the common dolphin (*Delphinus delphis*) in Andalusian coastal waters inferred from stranding data. *Vie et Milieu-Life and Environment*, 62, 87-95.
- Cameron, G.N. & Spencer, S.R. (2008). Mechanisms of habitat selection by the hispid cotton rat (*Sigmodon hispidus*). *Journal of Mammalogy*, 89, 126-131.
- Camiñas, J.A. (1997). Is the leatherback a permanent species in the Mediterranean Sea? *XXV CIESM Rapp. et Pro. Ver.*, 2, 213-215
- Camiñas, J.A. (2004). Estatus y conservación de las tortugas marinas en España. In: J.M., Pleguezuelos, R. Márquez y M. Lizana (eds.). *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Ministerio de Medio Ambiente, *Asociación Herpetológica Española* (2ª edición), Madrid, 345-380.
- Camiñas, J. A. & González De La Vega, J.P. (1997). The leatherback turtle (*Dermochelys coriacea* V.) presence and mortality in the Gulf of Cadiz (SW of Spain). *Proceeding of the 2º Simposio sobre el Margen continental Ibérico Atlántico*. Cádiz, Septiembre 1997.
- Casale, P., Niccolosi, P., Freggi, D., Turchetto, M., & R. Argano (2003). Leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) in Italy and the Mediterranean basin. *Herpetological Journal*, 13:135-139
- Forchhammer, M.C., Post, E. & Stenseth, N.C. (2002). North Atlantic Oscillation timing of long- and short-distance migration. *Journal of Animal Ecology*, 71, 1002-1014.
- Hammer, Ø. & Harper, D. (2006) *Paleontological Data Analysis*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Hammer, Ø., Harper, D. & Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 9.
- Hurrell, J.W. (1995) Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science*, 269, 676-679.
- Robinson, R.A., Crick, H.Q.P., Learmonth, J.A., Maclean, I.M.D., Thomas, C.D., Bairlein, F., Forchhammer, M.C., Francis, C.M., Gill, J.A., Godley, B. J., Harwood, J., Hays, G.C., Huntley, B., Hutson, A.M., Pierce, G.J., Rehfish, M.M., Sims, D.W., Santos, M.B., Sparks, T.H., Stroud, D.A. & Visser, M.E. (2008). Travelling through a warming world: climate change and migratory species. *Endangered Species Research*, 7, 87-99.
- Sokal R. & Rohlf F.J. (2012). *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 4th edition. W.H. Freeman and Co., 937 pp.

- Overland, J.E., J. Alheit, A. Bakun, J.W. Hurrell, D.L. Mackas & Miller A.J. (2010). Climate controls on marine ecosystems and fish populations. *Journal of Marine Systems*, 79, 305-315.
- Vicente-Serrano, S.M., Trigo, R.M., López-Moreno, J.I., Liberato, M.L.R., Lorenzo- Lacruz, J., Beguería, S., Morán-Tejeda, E. & El Kenawy A. (2011) Extreme winter precipitation in the Iberian Peninsula in 2010: anomalies, driving mechanisms and future projections. *Climate Research*, 46, 51–65.
- Visbeck, M.H., J.W. Hurrell, L. Polvani & H.M. Cullen (2001). The North Atlantic Oscillation: Past, present, and future. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98, 12876-12877.
- Witt, M.J., Broderick, A.C., Johns, D.J., Martin, C., Penrose, R., Hoogmoed, M.S. & Godley, B.J. (2007). Prey landscapes help identify potential foraging habitats for leatherback turtles in the NE Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*, 337, 231-243.