

## Segregación espacial por sexo de la tintorera en el Atlántico Este y Mediterráneo Occidental

### *Spatial segregation by sex of blue shark in the Eastern Atlantic and Western Mediterranean Sea*

D. Macías, A. García-Horcajuelo, S. García-Barcelon, E. Alot, E. Ceballos, M.J. Meléndez & J.C. Báez

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

**Abstract:** The main aim of present study was to analyze the spatial and temporal trends segregation by sex of blue shark (*Prionace glauca*) in the Eastern Atlantic and Western Mediterranean Sea from the individual bycatches by Spanish surface longline fleet. Our results indicate significant differences in the use of space between males and females. Thus, in low latitudes, within the observed range, sharks are mixed, but from North 38 degree of latitude tend to segregate. In the case of length, a similar pattern is observed, in low longitude sexes appear overlapped, and while to high longitude tend to appear segregated. All these results suggested segregation by sex in the Mediterranean where sharks are grouped in single-sex schools.

**Key words:** Bycatch, longline, segregation by sex, shark.

## 1. INTRODUCCIÓN

La abundancia de los grandes depredadores marinos está disminuyendo a nivel mundial (por ejemplo Ferretti *et al.*, 2010; Worm *et al.*, 2013). Estimaciones recientes sugieren que las poblaciones de grandes tiburones han disminuido en un 90% a nivel regional (Heithaus *et al.*, 2008). Según Ferretti *et al.* (2008), los tiburones martillo *Sphyrna* spp. (Rafinesque, 1810), la tintorera *Prionace glauca* (L., 1758), el marrajo *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, el tiburón sardinero *Lamna nasus* (Bonnaterre, 1788), y el tiburón zorro *Alopias vulpinus* (Bonnaterre, 1788), han reducido recientemente sus poblaciones en el Mediterráneo entre un 96 y un 99,99%.

La tintorera es el tiburón predominante en las capturadas incidentales de la flota de palangre española dirigida al pez espada (Báez, 2015). Así, para el periodo 1999-2001 representó el 2% de la captura total para la flota palangrera española del Mediterráneo (Valeiras & de la Serna 2003, Valeiras *et al.*, 2003). Y el Mar de Alborán mostró los mayores desembarques de tiburón del Mar Mediterráneo (Castro *et al.* 1999, Valeiras *et al.*, 2003, Macías *et al.*, 2004, Megalofonou *et al.* 2005).

La tintorera es un tiburón epipelágico, con una amplia distribución, encontrándose en todos los océanos, en aguas tropicales, subtropicales y templadas, en un rango de temperatura de 12° y 20°C, aunque puede tolerar un rango de temperaturas mayores (Nakano, 1994; Nakano & Stevens, 2008). La tintorera es una especie altamente migratoria, con complejos patrones de movimiento relacionados con la reproducción y la alimentación. Los desplazamientos

de los tiburones en el Atlántico se conocen a partir de datos obtenidos en programas de marcado. En estos estudios se ha observado una segregación por sexos en la distribución de las poblaciones de la tintorera. Así, la mayor parte de los peces marcados en las aguas litorales de Irlanda son hembras. Asimismo, la mayoría de las recapturas realizadas frente a Europa occidental eran hembras (Fitzmaurice *et al.*, 2005).

Alrededor de las costas españolas, se capturan tanto en el Mediterráneo Occidental, como a lo largo de la costa Sur de la Península Ibérica las tallas más pequeñas de tintoreras de la región Atlántico Este-Mediterránea (Kohler *et al.*, 2002). Además, la elevada proporción de hembras adultas, y neonatos en áreas del Atlántico Este (Stevens, 1990; Simpfendorfer, 2002), parecen indicar que esta región funciona como área de parto y guardería (*nursery*) en el Atlántico Nororiental (de la Serna *et al.*, 2002).

El objetivo del presente estudio es analizar los patrones espaciales de las capturas por sexo de tintorera.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos utilizados para el presente estudio proceden del programa de observadores a bordo del Instituto Español de Oceanografía para el periodo 2010 y 2014.

Los observadores científicos del programa de observadores del IEO toman datos del esfuerzo (número de anzuelos), datos ambientales y parámetros estandarizados de pesca (p. ej. coordenadas espaciales, y el tipo y el tamaño del

cebo). En el caso de las tintoreras, además se registran los datos biométricos de los ejemplares (por ejemplo, longitud a la furca y el peso eviscerado) y el sexo, determinado a partir de la presencia o no, de pterigópodos.

Se ajustaron sendos (uno para cada sexo) modelos logísticos para determinar la probabilidad de observar una tintorera de un sexo determinado, en función a los factores geográficos y temporales. Entre los factores espaciales se incluyeron las variables independientes latitud, latitud<sup>2</sup>, latitud<sup>3</sup>, longitud\*latitud, longitud, longitud<sup>2</sup>, longitud<sup>3</sup>; como se aconseja para el modelado del componente espacial (por ejemplo Acevedo *et al.*, 2012), y entre el componente temporal, los meses en los que se produjo la captura.

Los modelos de regresión logística requieren tanto de observaciones positivas (presencias) como de ausencias contrastadas. En el presente caso, se consideró 1, cuando de entre todos los lances con capturas de tintoreras se observó al menos un ejemplar de un sexo determinado (macho o hembra, para cada caso), y cero cuando no se observó.

Los modelos se han calculado con el programa IBM-SPSS Statistic versión 19, ya que permite el uso de la regresión logística binaria por “pasos hacia adelante”. Éste método “hacia adelante” se usa para seleccionar las variables del modelo de forma automática según sean o no estadísticamente significativas, evaluando en cada nuevo paso los coeficientes y su significación, para así mantener o eliminar las variables correspondientes. La prueba Omnibus se usó para testar los modelos y ver cuáles son significativos, este test valora si hay diferencias significativas entre log-verosimilitud maximizada del paso inicial y la del modelo (Legendre & Legendre, 1998). La bondad del ajuste del modelo se testó usando el test de Hosmer & Lemeshow que compara las frecuencias observadas y esperadas de cada valor de la variable binomial según su probabilidad, evaluando el ajuste global del modelo (Peng *et al.*, 2010). El test de Wald se usó para testar los parámetros del modelo (Peng *et al.*, 2010). La capacidad de discriminación del modelo se evaluó con el área bajo la curva Operador/Receptor (AUC, por las siglas en inglés). El AUC de un modelo es un valor entre 0 y 1. Valores mayores a 0,9 se consideran extremadamente discriminantes entre presencia y ausencia, y los menores de 0,7 no discriminan lo suficiente. Valores en torno a 0,8 mantienen un equilibrio entre la especificidad y la sensibilidad (Hosmer & Lemeshow, 2000).

Independientemente de la bondad de ajuste del modelo, la regresión logística es sensible a la relación entre las presencias y las ausencias (Hosmer & Lemeshow, 2000). La función de favorabilidad (F)

(Real *et al.*, 2006) es fácilmente ajustable desde la función de probabilidad, mediante la expresión:

$$F = [P/(1-P)] / [(n_1/n_0) + (P/[1-P])]$$

Donde F, es el valor de la función de favorabilidad, P es el valor de la función de probabilidad, n<sub>1</sub> es el número de presencias, y n<sub>0</sub> el número de ausencias. La F es más fácil de interpretar, y es posible comparar diferentes F, con diferentes prevalencias. Así, las funciones F obtenidas para machos y hembras se comparan a lo largo de los gradientes de latitud y longitud observados.

### 3. RESULTADOS

Entre los años 2010 y 2014 se registró la captura de 1967 tintoreras, la mayor parte de la captura total se dio en el Océano Atlántico con 1724 individuos, que es significativamente superior a la captura en el mar Mediterráneo, que únicamente registró 243 individuos. En el Mediterráneo se pesca durante todo el año exceptuando los meses de octubre y noviembre, en los que hay una veda temporal sobre la pesquería de palangre dedicada al pez espada. Durante este periodo, la flota de palangre se dirige a la región macaronésica donde se pesca entre los meses de octubre y marzo. En el año 2014 se capturaron 1605 tintoreras, siendo el año en el que se registró mayor número de capturas, seguido de 2012, año en el que la captura fue significativamente menor con 200 individuos. En el Atlántico la proporción de sexos fue 0,27:1 a favor de las hembras, mientras que en el Mediterráneo la proporción de sexos es 0,78:1 a favor de las hembras.

Se obtuvieron sendos modelos explicativos, uno para hembras y otro para machos. En el caso de las hembras se obtuvo un ajuste significativo (Omnibus test  $\chi^2 = 27,713$ ; g.l.= 1; P< 0,001), con un buen ajuste (Hosmer & Lemeshow  $\chi^2 = 8,306$ ; g.l.= 8; P= 0,404) y capacidad de discriminación aceptable (AUC= 0,762).

El modelo tiene la expresión:

$$\text{logit} = 0,491 - 0,231 * \text{Longitud}$$

En el caso de los machos se obtuvo un ajuste significativo (Omnibus test  $\chi^2 = 23,374$ ; g.l.= 2; P< 0,001), con un buen ajuste (Hosmer & Lemeshow  $\chi^2 = 10,4477$ ; g.l.= 8; P= 0,404) y capacidad de discriminación aceptable (AUC= 0,7). El modelo tiene la expresión:

$$\text{logit} = -15,405 - 0,249 * \text{Longitud} + 0,407 * \text{Latitud}$$

A partir de los valores de probabilidad de cada lance se estimó su correspondiente valor de favorabilidad para cada lance, y se representó la favorabilidad para machos y hembras sobre el gradiente de latitud (Figura 1) y longitud (Figura 2) observada.

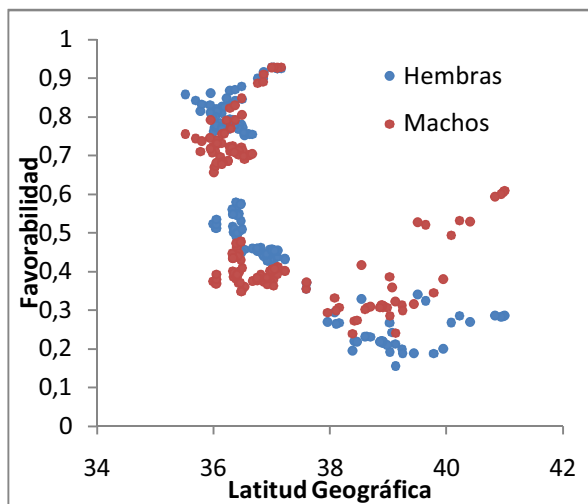


Fig. 1. Representación gráfica de la Favorabilidad de capturar una tintorera hembra (puntos azules) y macho (puntos rojos) en relación a la latitud.

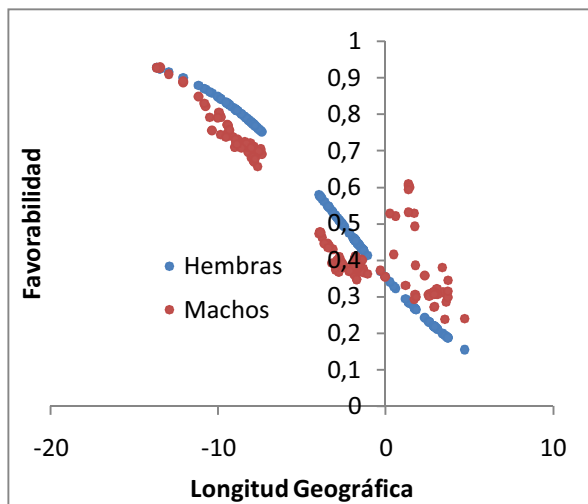


Fig. 2. Representación gráfica de la Favorabilidad de capturar una tintorera hembra (puntos azules) y macho (puntos rojos) en relación a la longitud.

#### 4. DISCUSIÓN

La talla media de las tintoreras registradas en el Atlántico fue de 111 cm y en el Mediterráneo de 153 cm. Muñoz-Chápuli (1984) observó que las tintoreras juveniles permanecen en zonas de cría y alimentación y no realizan migraciones hasta que alcanzan una talla aproximada de 130 cm. La talla de primera madurez (L50) para tintorera se ha establecido en 180 cm de longitud hasta la furca (Pratt, 1979; Castro & Mejuto, 1995). En este contexto, el área atlántica podría estar funcionando como un área de cría y alimentación de juveniles, mientras en el Mediterráneo predominarían subadultos con comportamiento migratorio.

Los resultados obtenidos indican que en ambas áreas de estudio las capturas de hembras predominaron sobre las de machos. Sin embargo, en el Mediterráneo el sex-ratio se acercaba más al 50%

(0,78:1) que en las áreas Atlánticas (0,27:1). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Kholer *et al.* (2002) quien encontró que en el Atlántico norte central predominan los machos mientras que en áreas del Mediterráneo la proporción de sexos se acercaba a 1:1.

Se han observado diferencias significativas en el uso del espacio entre machos y hembras en este estudio. Así, a latitudes bajas, dentro del rango observado, las tintoreras se encuentran mezcladas, pero a partir de 38º norte tienden a segregarse. Para el caso de la longitud, se observa un patrón similar, a longitudes bajas los sexos aparecen solapados mientras que a longitudes altas tienden a aparecer segregados. Además se observó que en el Mediterráneo las capturas por lance pertenecen mayoritariamente a un mismo sexo, mientras que en el Atlántico se observa gran cantidad de lances con capturas mixtas (ver Figura 1). Todos estos resultados sugirieron una segregación por sexo en el Mediterráneo donde las tintoreras se agruparían en cardúmenes de un solo sexo.



Fig. 3. Proporción de sexos para cada operación de pesca, en la que se observaron tintoreras. Clave: Azul, machos; Rojo, hembras.

Diversos autores han sugerido que la segregación por sexos en los ejemplares adultos está relacionada con la reproducción y estaría encaminada a minimizar los encuentros entre sexos fuera de las áreas de apareamiento (Krebs & Davies, 1993; Nakano, 1994). Así las tintoreras del Mediterráneo, de tallas más cercanas a las de primera madurez, se distribuirían en cardúmenes compuestos por ejemplares de un solo sexo iniciando el patrón etológico propio de los adultos de la especie.

#### Agradecimientos

El presente estudio se ha sido financiado por los proyectos del IEO PNDB y GPM1213.

## REFERENCIAS

- Acevedo, P., Jiménez-Valverde, A., Lobo, J.M. & Real, R. (2012). Delimiting the geographical background in species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 39, 1383-1390.
- Báez, J.C. (2015). Assessing the influence of the atmospheric oscillations on pelagic and highly migratory sharks bycatches from Spanish Mediterranean Sea, a meta-analytic approach. *Anales de biología*, 37, 31-38.
- Castro, J.A. & Mejuto, J. (1995). Reproductive parameters of Blue Shark, *Prionace glauca*, and other sharks in the Gulf of Guinea. *Marine Freshwater Research*, 46, 967-973.
- Castro, J.A., Woodley, C.M. & Brudeck, R.L. (1999). *A Preliminary Evaluation of the Status of Shark Species*. FAO Fisheries Technical Paper. 380 pp.
- Ferretti, F., Myers, R.A. Serena, F. & Lotze, H.K. (2008). Loss of Large Predatory Sharks from the Mediterranean Sea. *Conservation Biology*, 22(4): 952-964.
- Ferretti, F., Worm, B., Britten, G., Heithaus, M.R. & Lotze, H.K. (2010). Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecology Letters*, 13, 1055-1071.
- Fitzmaurice, P., Green, P., Keirse, G., Kenny, M. & Clarke, M. (2005). Stock discrimination of the blue shark, based on Irish tagging data. *Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT*, 58, 1171-1178
- Heithaus, M.R., Frid, A., Wirsing, A.J. & Worm, B. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trend Ecology and Evolution*, 23, 202-210.
- Hosmer, D. & Lemeshow, S. (2000). *Applied Logistic Regression*. Wiley. 391pp.
- Kohler, N.E., Turner, P.A., Hoey, J.J., Natanson, L.J. & Briggs, R. (2002). Tag and recapture data for three pelagic shark species: Blue shark (*Prionace glauca*), shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) and porbeagle (*Lamna nasus*) in the north atlantic ocean. *Collective Volume of Scientific Paper, ICCAT*, 4, 1231-1260.
- Krebs, J.R. & Davies, N.B. (1993). *An introduction to behavioural ecology*. Blackwell Science. 420 pp.
- Legendre, P. & Legendre, L. (1998). *Numerical Ecology*. Elsevier. 853 pp.
- Macías, D., Gómez-Vives, M.J. & de la Serna, J.M. (2004). Desembarcos de especies asociadas a la pesquería de palangre de superficie dirigido al pez espada (*Xiphias gladius*) en el mediterráneo durante 2001 y 2002. *Collective Volumen Scientific Papers, ICCAT*, 56, 981-986.
- Megalofonou, P., Yannopoulos, C., Damalas, D., De Metrio, G., Deflorio, M., de la Serna, J.M. & Macías, D. (2005). Incidental catch and estimated discards of pelagic sharks from the swordfish and tuna fisheries in the Mediterranean Sea. *Fisheries Bulletin*, 103, 620-634.
- Muñoz-Chápuli, R. (1984). Ethologie de la reproduction chez quelques requins de l'Atlantique nordest. *Cybiurn*, 8, 1-14.
- Nakano, H. (1994). Age, reproduction and migration of the blue shark in the North Pacific Ocean. *Bulletin of the National Institute of Far Seas Fisheries*, 31, 141-144.
- Nakano, H. & Stevens, J.D. (2008). The biology and ecology of the blue shark, *Prionace glauca*. In: M. Camhi, E.K. Pikitch y E. Babcock (Eds). *Sharks of the open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation*. Blackwell Scientific, 140-151.
- Peng, C., Lee, K. & Ingersoll, G. (2002). An Introduction to Logistic Regression Analysis and Reporting. *The Journal of Educational Research*, 91, 3-14.
- Pratt, H.L. (1979). Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. *Fisheries Bulletin*, 77, 445-470.
- Real, R., Barbosa, A.M. & Vargas, J.M. (2006). Obtaining environmental favourability functions from logistic regression. *Environmental and Ecological Statistics*, 13, 237-245.
- de la Serna, J.M., Valeiras, J., Ortiz, J.M. & Macías, D. (2002). *Large pelagic sharks as By-Catch in the Mediterranean Swordfish longline fishery: Some biological aspects*. NAFO/SRC DOC 02/123 Serial N°4759. 8pp.
- Simpfendorfer, C.A., Hueter, R.E., Bergman, U. & Connett, S.M.H. (2002). Results of a fishery-independent survey for pelagic sharks in the western North Atlantic, 1977-1994. *Fisheries Research*, 55, 175-192.
- Stevens, J.D. (1990). Further results from a tagging study of pelagic sharks in the North-east Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 70, 707-729.
- Valeiras, J. & de la Serna, J.M. (2003). Contribución al estudio biológico de la tintorera (*Prionace glauca*) capturada accidentalmente en la pesquería de palangre de superficie de pez espada en el Mediterráneo occidental. *Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT*, 55, 154-159.
- Valeiras, J., de la Serna, J.M., Macías, D. & Alot, E. (2003). Nuevos datos científicos sobre desembarcos de especies asociadas realizados por la flota española de palangre de superficie en el Mediterráneo en 1999 y 2000. *Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT*, 55, 149-153.
- Worm, B., Davis, B., Kettner, L., Ward-Paige, C.A., Chapman, D., Heithaus, M.R., Kessel, S.T. & Grube, S.H. (2013). Global catches, exploitation rates, and rebuilding options for sharks. *Marine Policy*, 40, 194-204.