

Aplicación de un sistema de información geográfica y datos de satélite en el estudio de mamíferos marinos en la costa gallega

G. Martínez-Iglesias, J. M. Torres, L. González-Vilas, A. Mosquera y R. Lago
gmartinez@uvigo.es, jesu@uvigo.es

Universidad de Vigo (UV). Facultad de Ciencias. Dpto. de Física Aplicada

RESUMEN

El presente trabajo muestra resultados de un proyecto europeo llevado a cabo entre Enero y Agosto de 2001 bajo el título: "Pelagic fisheries in Scotland (UK) and Galicia (Spain)". Con este estudio se pretende mostrar cómo el uso de técnicas SIG, que considera dimensiones espacio-temporales, suplementado con la información procedente de imágenes de satélite, son herramientas muy útiles para el seguimiento de mamíferos marinos; permitiendo identificar patrones de comportamiento estacional y espacial, así como la influencia que ejercen sobre estas poblaciones los distintos parámetros físico-químicos, los medioambientales o las interacciones interespecíficas.

PALABRAS CLAVE: SIG, SST, clorofila Clorofila-a, sustancia amarilla, *Delphinus delphis*, *Tursiops truncatus*.

ABSTRACT

The present report is based on a European project that has been carried out from January 01 to August 01 under the title "Pelagic fisheries in Scotland (UK) and Galicia (Spain)". This work tray to show what useful is GIS techniques, because takes into account spatiotemporal dimensions, support by remote sensing imagery. Both are good tools to monitoring marine mammals, allowing identify pattern of seasonal and spatial behaviour, just as physicochemical or environmental parameters have influence on these mammal populations, as well as interactions with other species.

KEY WORDS: GIS, SST, chlorophyll Chlorophyll-a, yellowYellow substance, *Delphinus delphis*, and *Tursiops truncatus*.

INTRODUCCIÓN

Galicia, situada al NO de la Península Ibérica, con unos 1195 Km. de costa, presenta una morfología costera peculiar: las Rías.

Las aguas del litoral gallego se caracterizan por presentar una elevada productividad, consecuencia de las Rías en el borde occidental que, junto con los vientos estacionales de NO, generan fuertes afloramientos (*upwelling*) de aguas frías y ricas en nutrientes (Wooster *et al.* 1976; Fraga, 1981; Tenore *et al.*, 1995 y Álvarez-Salgado *et al.*, 2002); registrándose con mayor intensidad entre los meses de Mayo a Septiembre, aunque también se han detectado importantes episodios en primavera. Como consecuencia de estos afloramientos, se favorece el crecimiento de fitoplancton en ese área, registrando valores altos de concentración de clorofila-a y de producción primaria (Tilstone *et al.*, 2003).

Esta elevada productividad favorece la gran biodiversidad de la zona, tal como se demuestra en

diversos estudios, con alrededor de 300 especies de peces (Solórzano *et al.*, 1988), más de 75 especies de cefalópodos (Guerra, 1992) y, al menos, 26 especies de mamíferos marinos: 20 cetáceos y 6 pinnípedos (López, 2003 y CEMMA, 2005).

Estudios de López *et al.* (2002, 2003 y 2004) señalan al delfín común (*Delphinus delphis*) como el más abundante, con una población de unos 7000 a 10000 individuos, seguido del delfín mular (*Tursiops truncatus*), del que se estiman unos 600 a 1000 ejemplares.

El delfín común se localiza a lo largo de toda la costa gallega, registrando un mayor índice de avistamientos en aguas alejadas de la costa, con más de 200 m. de profundidad y en el segundo cuarto del año; mientras que el delfín mular se encuentra, preferentemente, en aguas más próximas a la costa, con profundidad menor a 200 m. en el sur de Galicia, aunque también en aguas profundas al Norte (López *et al.*, 2004).

La mayoría de los avistamientos se han registrado a bordo de barcos de pesca, lo cual puede signi-

Aplicación de un sistema de información geográfica y datos de satélite en el estudio de mamíferos marinos

Especies // Mes	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	
<i>Grampus griseus</i>				2	2	1		5
<i>Globicephala melas</i>			2	6	1			9
<i>Delphinus delphis</i>	1	1		23	32	46	46	149
<i>Stenella coeruleoalba</i>		1		2	1			4
<i>Tursiops truncatus</i>	1		1	1	3			6
<i>Phocoena phocoena</i>					2		3	5
<i>Balaenoptera physalus</i>						1		1
Delfínidae (sin identificar)				1		1		2
Mysticeti (sin identificar)					3	2		5
Todas las Especies	2	2	3	35	44	51	49	186

Tabla 1. Número de avistamientos de las distintas especies de mamíferos marinos entre febrero y agosto de 2001 en el área de estudio.

ficar que los cetáceos se concentran donde está su fuente de alimentación.

MATERIAL Y MÉTODOS

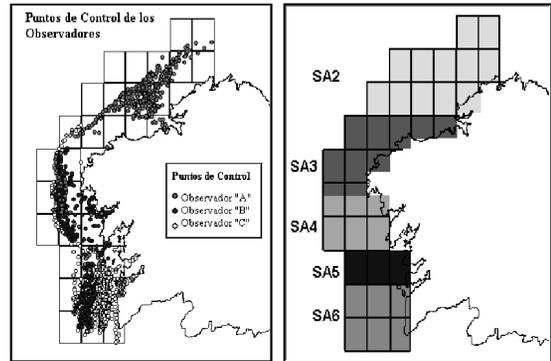
Durante 2001 y entre las fechas 12 de Febrero a 30 de Agosto, tres observadores simultáneos distribuidos en sendas áreas geográficas del litoral gallego (Figura. 1) estuvieron embarcados a bordo de un total de 11 barcos pesqueros de la flota de litoral, realizando 80 mareas a lo largo de 134 días, no consecutivos, durante los cuales realizaron el avistamiento de pequeños mamíferos en la costa gallega, recopilando información detallada en una serie de estadillos, tal como:

- Nombre de las especies, estimación del número de individuos en el grupo, y presencia o no de crías.
- Comportamiento de los mamíferos en el momento del avistamiento, i.e., en presencia de barcos de pesca.
- Información logística, como posición y velocidad del barco.
- Información medioambiental, p.e. velocidad y dirección del viento, estado del mar o visibilidad.

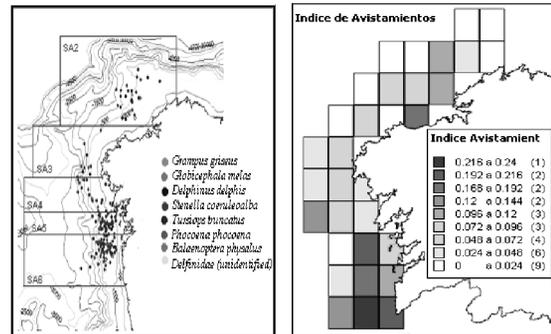
Toda esa información fue introducida en una base de datos *access* creada especialmente para este proyecto; posteriormente fue integrada en un SIG (Sistemas de Información Geográfica) y finalmente comparada con imágenes de satélite procesadas de: Temperatura superficial marina (SST), y Clorofila-a (Chl-a) y Sustancia Amarilla, procedentes de los sensores AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), a bordo del satélite NOAA (US National Oceanic and Atmospheric Administration), y SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view), a bordo del satélite SeaStar spacecraft, respectivamen-

te para , con el fin de poner de manifiesto la relación existente entre avistamientos y los distintos factores medioambientales.

Las imágenes fueron proporcionadas por el Plymouth Marine Laboratory, U.K. tras haber sido procesadas empleando el algoritmo *AVHRR Oceans Pathfinder SST* para SST (Walton, 1988 y Walton *et al.*, 1990) y el algoritmo *SeaWiFS Bio-optical Algorithm Mini-workshop* para concentración de Chl-a (O'Reilly *et al.*, 1998). La resolución, para ambas es de 1.1 Km.



Figuras 1 y 2. (1) Distribución espacial de los 3 observadores a lo largo del periodo de estudio (12 Febrero - 30 Agosto de 2001). (2) Reagrupación de las celdas del grid en sub-áreas.



Figuras 3 y 4. (3) Mapa de avistamientos de mamíferos marinos entre febrero y agosto de 2001, con 2 áreas claramente diferenciadas. (4) Frecuencia de avistamientos en cada celda del grid en relación con el número de puntos de control.

Las imágenes corresponden a los días de embarque de los observadores, pero debido a los problemas con la cobertura nubosa en muchos de esos días se consideró un orden preferente de elección de imágenes: mismo día, día anterior, día siguiente,

G. Martínez-Iglesias, J. M. Torres, L. González-Vilas, A. Mosquera y R. Lago

dos días antes y dos días después; y en otras ocasiones se optó por trabajar con medias de imágenes para un período de tiempo establecido.

Así mismo, se creó una cuadrícula de grid, dividida en 32 celdas de dimensiones 14'24" de longitud y 14'42" de latitud (Figura. 2) a fin de georeferenciar toda la información disponible y poder realizar los estudios oportunos para determinar las relaciones existentes entre los distintos factores en cada una de las celdas.

Para este estudio, el grid ha sido reagrupado en sub-áreas, tal como se ha hecho en estudios previos (Lopez *et al.*, 2002, 2003 y 2004) para, a fin de poder comparar resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número total de avistamientos fue de 186, siendo *Delphinus delphis* (149) la observada mayor número de veces, seguido de *Globicephala melas* (9), *Grampus griseus* (5), *Stenella coeruleoalba* (4), *Tursiops truncatus* (6), *Phocoena phocoena* (5), *Balaenoptera physalus* (1) y finalmente *Delphinidae* y *Mysticeti* (2 y 5) sin identificar (Tabla 1).

El número total de avistamientos aumenta entre Mayo y Agosto, coincidiendo con la época de mayor índice de afloramientos, registrándose un mayor número de observaciones en las sub-áreas SA5, SA6, y SA2 (Figura 3).

Esto mismo se puede apreciar en el mapa de frecuencias (Figura. 4), donde el mayor índice de avis-

tamientos se registra en la zona sur de Galicia, más alejado de la costa, mientras que al norte están más próximos al litoral.

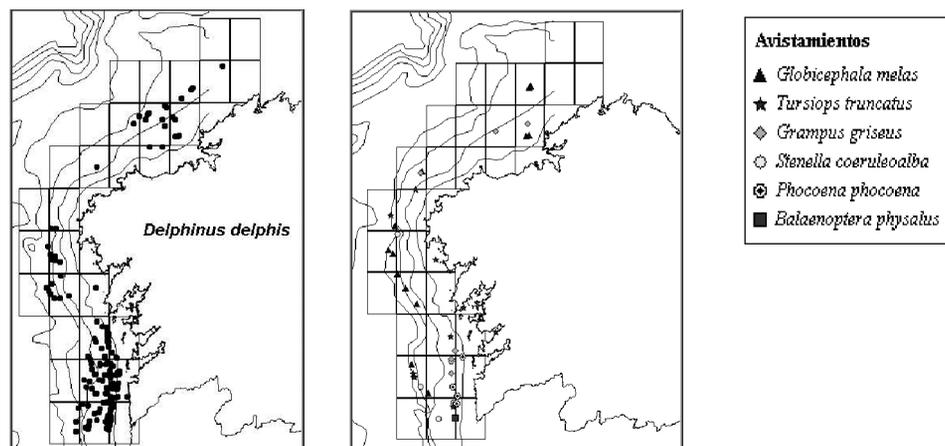
Fueron identificadas 7 especies uniformemente distribuidas en dos áreas: la Cantábrica (SA2) y la Atlántica (SA3, SA4, SA5 y SA6) (Figura . 3).

En la región Atlántica se observa un elevado número de avistamientos entre las batimétricas de los 100 y 200 m de profundidad, de acuerdo con estudios previos (Lopez *et al.*, 2002; Lopez *et al.*, 2003 y Lopez *et al.*, 2004). Así como se verifica que la especie más avistada fue *Delphinus delphis* (Figura. 5), localizándola a lo largo de toda la costa, pero con preferencia en las sub-áreas SA5 y SA6.

El delfín mular también se localiza a lo largo del área Atlántica, y mucho más próximo a la costa que el delfín común, aunque en mucha menor proporción (Figura. 6).

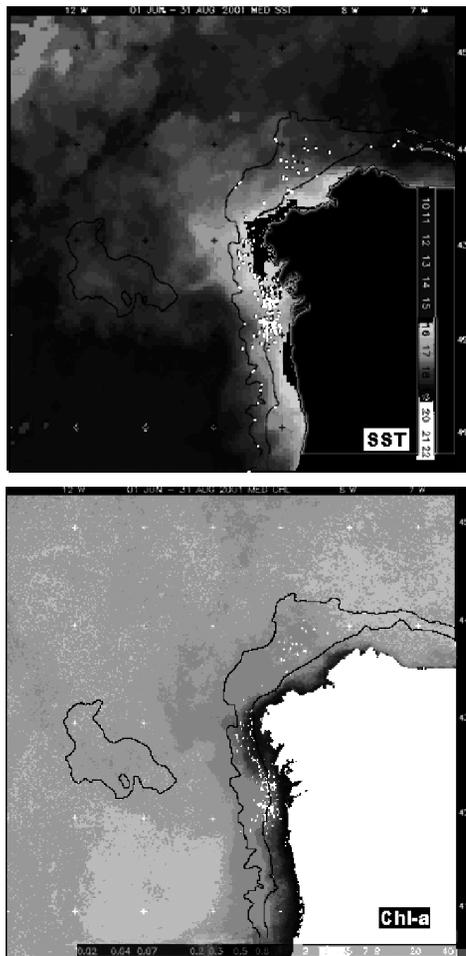
Por otra parte, atendiendo a las imágenes procesadas de satélite, correspondientes a medias de temperatura superficial y de concentración de clorofila-a, se aprecia claramente cómo el mayor número de avistamientos coincide con áreas de temperatura media entre 16.5 y 17.5 °C, y con concentraciones medias de clorofila entre 0.3 y 0.5 mg/ppm. (Figuras. 7 y 8).

Por último, al integrar toda la información en el GIS, se obtuvo que la mayor frecuencia de avistamientos se produjo con temperatura de superficie de 16.5° C (Figura 9) y concentración de clorofila de 0.36 mg/ppm (Figura 10); corroborando y afirmando lo observado en las imágenes de satélite.



Figuras 5 y 6. Mapa de avistamientos, en el período de estudio, del delfín común (5) y del resto de las especies identificadas (6).

Aplicación de un sistema de información geográfica y datos de satélite en el estudio de mamíferos marinos



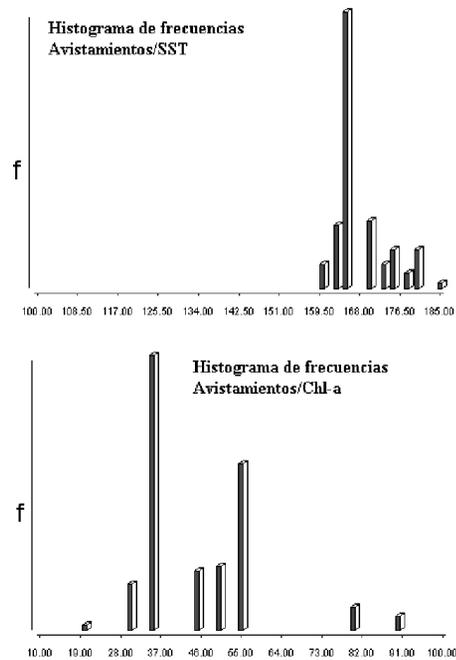
*Figuras 7 y 8. Imágenes de medias de temperatura superficial y clorofila-a, de junio a agosto de 2001. Los avistamientos se marcan como puntos blancos.

CONCLUSIONES

En este período de estudio, se registraron un total de 186 avistamientos, siendo *Delphinus delphis* la más frecuente con 149 observaciones.

El número de avistamientos aumenta entre Mayo y Agosto, coincidiendo con la época de mayor índice de afloramientos, y localizándose en dos zonas principalmente: la región atlántica (SA5 y SA6) y la cantábrica (SA2) entre las batimétricas de 100 y 200 metros de profundidad, conforme a resultados obtenidos en estudios previos.

La mayoría de las especies se registran en el área Atlántica, con una clara preferencia por las sub-áreas más al sur (SA4, SA5 y SA6).



*Figuras 9 y 10. Histograma de frecuencias de avistamientos en relación con la temperatura superficial (9) y con la concentración de clorofila-a (10).

La marsopa (*Phocoena phocoena*) se observa sólo en la SA4 y SA6, sobretodo en la última, tal como ocurre con el delfín listado (*Stenella coeruleoalba*), aunque éste aparece en locasión en SA3.

Finalmente, se aprecia que la mayoría de los avistamientos de mamíferos marinos se produjeron en las zonas donde la media de temperatura fue entre 16.5, y con concentraciones medias de clorofila entre 0.36 mg/ppm.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos mostrar nuestro agradecimiento a los observadores que realizaron la toma de datos durante el estudio. A los armadores, patrones y tripulación de los barcos por la colaboración prestada. Al Plymouth Marine Laboratory por el procesado de imágenes. Y a M.G. Otero consultores por su labor en las gestiones con el sector pesquero.

Todas las figuras precedidas de asterisco se incluyen en el cuadernillo anexo de color

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ-SALGADO, X. A., BELOSO, S., JOINT, I., NOGUEIRA, E., CHOU, L., PÉREZ-PÉREZ, F. F., GROOM, S., CABANAS, J. M., REES, A. P. y., ELSKENS, M. 2002. New production of the NW Iberian shelf during the upwelling season over the period 1982-1999. *Deep-Sea Res. Part Pt I* 49 (10): 1725-1739, *-Oceanog Res.* 49 (10), 1 725-1 739. [doi: 10.1016/S0967-0637\(02\)00094-8](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(02)00094-8).
- C.E.M.M.A. 2005. As especies de cetáceos protexidas. *CEMMA. Boletín* N° 6.
- GUERRA, A. 1992. Mollusca, Cephalopoda. *Fauna Ibérica* vol.1. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Madrid.
- FRAGA, F. 1981. Upwelling off the Galician coast, Northwest Spain. En *Coastal Upwelling, Ecosystems*. F. A. Richards Editor. AGU, Washington, pp. 176-182.
- LÓPEZLOPEZ, A. 2003. Estatus dos pequenos cetáceos nas costas galegas. Tesis Doctoral. *doctoral*. Universidad de Santiago de Compostela. p. xvi.
- LÓPEZ, A., SANTOS, M. B., PIERCE, G. J., GONZÁLEZ, A. F., VALEIRAS, X. y., GUERRA, A. 2002. Trends in stranding and by-catch of marine mammals in north-west Spain during the 1990s. *J. Mar Biol. Assoc. UK Assn Uk* 82 (3): 513-521, . [doi: 10.1017/S0025315402005805](https://doi.org/10.1017/S0025315402005805).
- LÓPEZLOPEZ, A., PIERCE, G. J., SANTOS, M. B., GRACIA, J. y., GUERRA, A. 2003. Fishery by-catches of marine mammals in Galician waters: results from on-board observations and an interview survey of fishermen. *Biol. Conserv.* 111 (1): 25-40, . [doi: 10.1016/S00063207\(02\)00244-6](https://doi.org/10.1016/S00063207(02)00244-6).
- LÓPEZLOPEZ, A., PIERCE, G. J., VALEIRAS, X., SANTOS, M. B. y., GUERRA, A. 2004. Distribution patterns of small cetaceans in Galician waters. *J. Mar. Biol. Assoc. UK Assn Uk* 84 (1): 283-294, . [doi: 10.1017/S0025315404009166h](https://doi.org/10.1017/S0025315404009166h).
- O'REILLY, J. E., MARITORENA, S., MITCHELL, B. G., SIEGEL, D. A., CARDER, K. L., GARVER, S. A., KAHRU, M. y McCLAIN, C. 1998. Ocean colour chlorophyll algorithms for SeaWiFS. *J. Geophys. Res.* 103: 24937-24953. *Journal of Geophysical Research*, 103, 24 937-24 953.
- SOLORZANO, M. R., RODRIGUEZ, J. L., IGLESIAS, J., PEREIRO, F. X. y ÁLVAREZ, ALVAREZ, F. 1988. *Inventario dos peixes do litoral galego. (Pisces: Cyclostomata, Condrichthyes, Osteichthyes)*. Cadernos da Area de Ciencias Biológicas. Seminarios de Estudos Galegos. Vol. IV.: 69 pp.v.
- TENORE, K. R. et al. (+19) 1995. Fisheries and Oceanography off Galicia, NW Spain (FOG): mesoscale spatial and temporal changes in physical processes and resultant patterns of biological productivity. *J Geophys Res-Oceans.* 100: 10943-10966, [doi: 10, pp. 10 943-10 966. doi:10.1029/95JC00529](https://doi.org/10.1029/95JC00529).
- TILSTONE, G. H., FIGUEIRAS, F. G., LORENZO, L. M. y., ARBONES, B. 2003. Phytoplankton composition, photosynthesis and primary production during different hydrographic conditions at the NW Iberian upwelling system. *Mar. Ecol.-Prog. -ProgrSer.* 252: 89-104.
- WALTON, C. C. 1988. Nonlinear multichannel algorithm for estimating sea surface temperature with AVHRR satellite data. *J. Appl. Meteorol.* 27, 115-124.
- WALTON, C. C., McCLAIN, E. P. y SAPPER, J. F. 1990. Recent changes in satellite based multichannel sea surface temperature algorithms. *Mar. Technol. Soc. Meeting. MTS'90*. Washington Septiembre 1990.
- WOOSTER, W. S., BAKUN, A. y McLAIN, D. R. 1976. Seasonal upwelling cycle along eastern boundary of North Atlantic. *J. Mar Res.* Vol. 34(:). pp. 131-141.