

RESULTADOS PRELIMINARES SOBRE EL HÁBITAT DE ALIMENTACIÓN DE LA PARDELA BALEAR EN EL LEVANTE IBÉRICO PENINSULAR

Maite LOUZA O¹, José Manuel ARCOS²,
David K. HYRENBACH³, Pere ABELLÓ⁴,
Luis GIL DE SOLA⁵, Daniel ORO¹

RESUMEN. *Resultados preliminares sobre el hábitat de alimentación de la Pardela Balear en el Levante Ibérico Peninsular.* Las aves marinas son susceptibles a una variedad de impactos antropogénicos, incluyendo la ingestión de plásticos, vertidos de petróleo, competencia con la pesca y la captura incidental. Conocer su distribución en el mar puede ayudar a los gestores a evaluar la susceptibilidad de diferentes especies y poblaciones a amenazas específicas. Se caracterizó la distribución en el mar de la pardela balear *Puffinus mauretanicus*, una especie críticamente amenazada endémica de las Islas Baleares, a lo largo de la costa mediterránea de la península Ibérica durante tres años coincidiendo con el período de crecimiento del pollo (mayo-junio). La especie habitó principalmente la plataforma continental asociándose a frentes, en los que puede llegar a concentrarse una gran abundancia de presas, en torno a las aguas delta del Ebro.

Palabras clave: distribución en el mar, pardela balear, *Puffinus mauretanicus*.

SUMMARY. *Preliminary results of the foraging habitat of the Balearic Shearwater off the eastern Iberian peninsula.* Seabirds are susceptible to a variety of anthropogenic impacts, including plastic ingestion, oil spills, competition with fisheries, and bycatch. Understanding their distribution at sea can help managers to assess the susceptibility of different species and populations to specific threats. We characterized the at-sea distribution of the Balearic Shearwater, *Puffinus mauretanicus*, a critically endangered species endemic to the Balearic Islands, along the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula during three years coinciding with the chick-rearing period (May-June). The species mostly inhabited the productive continental shelf and associated with fronts where high prey concentrations could occur around the Ebro Delta area.

Keywords: at-sea distribution, Balearic shearwater, *Puffinus mauretanicus*.

¹ IMEDEA (CSIC-UIB), Miquel Marquès 21, 07190 Esporles, Illes Balears, Spain

² IBLS, Graham Kerr Building, University of Glasgow, G128QQ Glasgow, Scotland, UK

³ Duke University Marine Laboratory, 135 Duke Marine Lab Road, Beaufort, NC 28516, USA

⁴ Institut de Ciències del Mar, CMIMA (CSIC), Passeig Marítim de Barcelona 37-49, 08003 Barcelona, Spain

⁵ Centro Oceanográfico de Fuengirola, IEO, Muelle Pesquero, 29640 Fuengirola, Málaga, Spain

INTRODUCCIÓN

El océano es un medio heterogéneo donde la búsqueda de alimento para la supervivencia y reproducción de las aves marinas requiere adaptaciones específicas. Dentro de la cadena trófica marina, las aves ocupan los niveles superiores, y la variabilidad de los ecosistemas marinos afecta enormemente a su ecología, ya que pasan hasta dos terceras partes de su ciclo anual y el 90% de su tiempo de vida en el mar (BALLANCE *et al.*, 2001). La contaminación antropogénica (e.g. plásticos, organoclorados, metales pesados, vertido de hidrocarburos, FURNESS & CAMPHUYSEN, 1997, BURGER & GOCHFELD, 2002) afecta también a las aves marinas cuyo impacto dependerá de la asociación de éstas al hábitat y del grado de agregación. Son particularmente susceptibles durante aquellos periodos (e.g. época reproductora) y lugares (e.g. áreas de alimentación) en que se concentran en altas densidades (NEL *et al.*, 2000). Así pues, la viabilidad y la eficacia de las prácticas de gestión específicas dependen de la extensión espacial, del grado de agregación y de las amenazas en cuestión.

El mar Mediterráneo está caracterizado por una comunidad de aves marinas reproductoras relativamente diversa y con tamaños poblacionales limitados, incluyendo algunos endemismos (ZOTIER *et al.*, 1999). El ave marina más amenazada del Mediterráneo es la pardela balear, catalogada como Críticamente Amenazada según los criterios de la UICN (ARCOS & ORO, 2004; BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004), después de que ORO *et al.* (2004), estimaran una tasa de supervivencia adulta muy baja (principalmente atribuida a factores de mortalidad en el mar) y la probabilidad media de

extinción de la población mundial en 40.4 años. Dado el delicado estatus de la especie y la importancia del medio marino en su biología, conocer su distribución en el mar se plantea necesario para poder ampliar las medidas de protección más allá de las colonias de cría. En este estudio, se realizaron censos de pardela balear *Puffinus mauretanicus* durante la primavera, coincidiendo con el período de crecimiento de los pollos (mayo - junio) en la costa mediterránea de la península Ibérica.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se sitúa en el Mediterráneo occidental, desde el estrecho de Gibraltar en el SO hasta el cabo de Creus en el NE (Fig.1). El muestreo se realizó durante las campañas de pesca demersal MEDITS, a bordo del B/O Cornide de Saavedra, durante 1999, 2000 y 2002. Las campañas se llevaron a cabo en primavera (mayo-junio) coincidiendo con la época de crecimiento de los pollos.

La especie: la pardela balear *Puffinus mauretanicus*

La pardela balear *Puffinus mauretanicus*, de la familia de los Procellariiformes, es un ave marina de tamaño medio. Presenta una distribución reproductora limitada a las Islas Baleares, donde cría una población inferior a las 2000 parejas (ARCOS & ORO, 2003; RUÍZ & MARTÍ, 2004; BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004). Nidifican en huras y en cuevas en tramos de acantilado rocoso de todo el litoral balear, no sólo en islotes sino también en las grandes islas como Formentera, Mallorca o Menorca (ARCOS & ORO, 2004). Después de la cría, los individuos reproductores

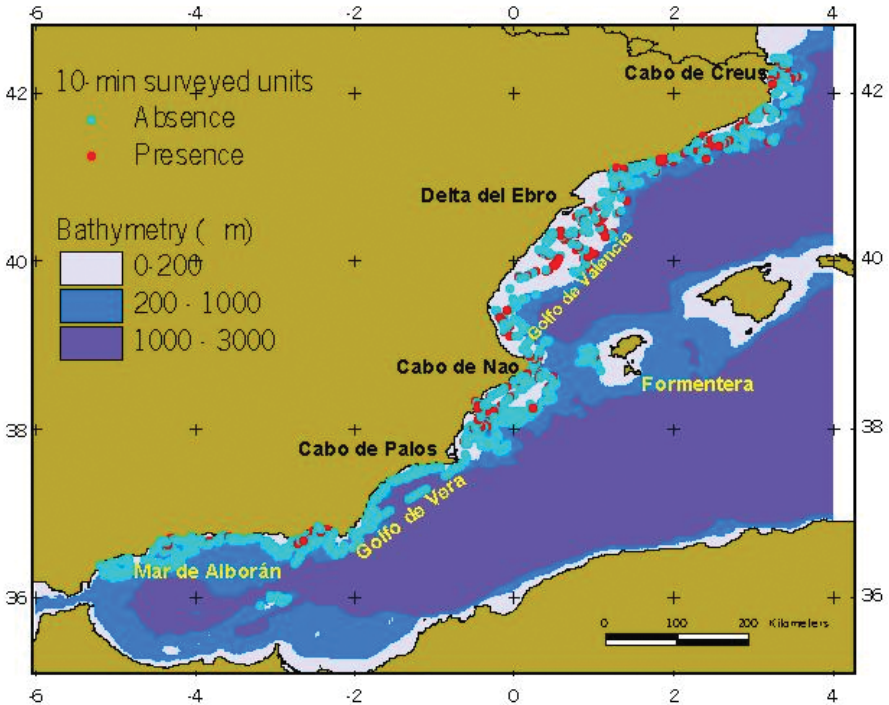


Fig.1. Localización de la zona de estudio y representación de todas las unidades de muestreo (10 min.) de pardela balear (1999-2000). Los puntos rojos y azules representan presencia y ausencia, respectivamente. Se señalan también las referencias geográficas mencionadas en el texto.

Fig.1. Location of the study area and representation of all sampling units (10 min.) of Balearic shearwater (1999-2000). The red and blue points represent presence and absence, respectively. The mentioned geographic references in the text are also indicated.

migran hacia otras zonas del Mediterráneo o pasan a través del estrecho de Gibraltar hacia el mar Cantábrico, alcanzando el sur de Gran Bretaña y el oeste de Francia (RUÍZ & MARTÍ, 2004). Las amenazas a las que se enfrenta actualmente la especie serían la pérdida y degradación del hábitat de cría debido a la ocupación humana y usos recreativos, la introducción de especies predatoras (ratas y carnívoros), la mortalidad en artes de pesca y otros (e.g. contaminación) (ARCOS & ORO, 2003).

Contexto oceanográfico

El Mediterráneo occidental presenta una heterogeneidad importante debido a la existencia de una serie de condiciones batimétricas, hidrográficas y meteorológicas determinadas que hacen que puedan darse dos regímenes tróficos diferentes con una mayor concentración de clorofila en invierno y menor en verano (ALLEN *et al.*, 2002). La productividad del área del delta de Ebro es considerada especialmente alta dentro

de un contexto mediterráneo (ESTRADA, 1996; SALAT, 1996), y zona importante de desove para muchas especies marinas, incluyendo pequeños peces pelágicos (PALOMERA, 1992; SALAT, 1996), parte fundamental de la dieta de la pardela balear, y sustenta, a su vez, una gran industria pesquera (PALOMERA, 1992; ESTRADA, 1996; SALAT, 1996).

Metodología de muestreo y variables ambientales

Las observaciones de distribución de pardela balear en el mar fueron realizadas por un mismo observador (JMA), empleando técnicas estandarizadas de muestreo, a partir de TASKER *et al.* (1984) y adaptadas a la zona de estudio. Los censos se centraron en una banda de 300 m de ancho, tomando periodos de 10 minutos como unidad de muestreo. Para cada una de ellas, el observador registró aquellos factores relacionados con la metodología e incluso factores ambientales. Al mismo tiempo, se registró la presencia/ausencia de arrastres dada la importancia de los descartes pesqueros en la alimentación de la especie (ARCOS & ORO, 2002).

Variables oceanográficas como la temperatura superficial del agua de mar y la concentración de clorofila *a* son indicadores útiles de la distribución de masas de agua y de las zonas de productividad del océano (SVERDRUP *et al.*, 1942). Por tanto, interesaba relacionar los avistamientos de pardela balear con las variables oceanográficas previamente citadas. La temperatura superficial del agua de mar se obtuvo del Pathfinder 4.1 del Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (AVHRR) (http://podaac.jpl.nasa.gov/pub/sea_surface_temperature/avhrr/pathfinder/data_v4.1/); y las concentraciones de clorofila *a* de las

imágenes del Sensor de Campo Visual Amplio del Mar (SeaWiFS) (<http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS.html>).

La localización de las zonas de alimentación potencialmente favorables, como podría ser el área de influencia del río Ebro, dentro de la zona de estudio, y de las colonias de cría son factores importantes que podrían llegar a determinar la distribución de la pardela balear. Por lo tanto, se analizaron también las distancias desde cada unidad de muestreo a ambas localidades: el delta del Ebro y principal colonia de cría que es la isla de Formentera (RUÍZ & MARTÍ, 2004).

Así, se caracterizó la distribución en el mar de la pardela balear en el Mediterráneo occidental empleando nueve variables: (1) temperatura superficial del agua de mar y (2) su gradiente, (3) concentración de clorofila *a* y (4) su gradiente, (5) la profundidad y (6) su gradiente, (7) distancia al delta del Ebro, (8) distancia a Formentera y (9) presencia/ausencia de arrastres.

Análisis estadístico

Los censos se realizaron durante las horas de luz en el que el barco llevaba un rumbo y velocidad constante, pudiendo diferir la velocidad entre unidades de muestreo (siempre dentro del rango de velocidades propuesto por TASKER *et al.* 1984). Al no ser la velocidad del barco siempre la misma, el área muestreada (i.e. el esfuerzo realizado) difirió entre unidades de muestreo de 10 minutos. Así, para poder realizar los análisis se asignaron dichas unidades de muestreo a celdas de 9 x 9 km, de acuerdo con la posición de referencia de cada unidad de 10 minutos. Esto permitió ajustar los datos de censo a la misma resolución espacial que las imágenes de

Variable	Parámetro estimado	E.E.	G.L.	Chi-cuadrado	Significancia
Esfuerzo	0.261	0.063	1	17.07	< 0.0001
Año 1999	0.726	0.274	2	8.73	0.013
Año 2000	0.024	0.290			
Año 2002	0.000	0.000			
Distancia al Delta	-0.006	0.000	1	60.61	< 0.0001
Mediana Profundidad	-0.002	0.000	1	17.40	< 0.0001
Gradiente de Clorofila	0.013	0.005	1	5.94	0.015

Tabla 1. Resultado del procedimiento GENMOD de la ocurrencia de pardela balear (1999-2002). Se muestran únicamente las variables significativas. El estadístico del "efecto año" se incluye en el primer año. E.E. = error estándar, G.L. = grados de libertad.

Table 1. Results of the GENMOD procedure for Balearic shearwater occurrence (1999-2002). Significant variables are only shown. The statistic of "year effect" is included in the first year. E.E. = standard error, G.L. = degrees of freedom.

satélite de donde se obtuvieron la temperatura superficial del agua y la clorofila *a*. De esta manera se estandarizaron las unidades de muestreo, agrupando para cada celda la presencia/ausencia de la pardela balear.

Se exploró la asociación al hábitat utilizando ArcView 3.2 (ESRI, 1996) Sistemas de Información Geográfica (SIG), superponiendo la distribución espacial de la pardela balear sobre las variables ambientales. Para determinar la distribución en el mar de la pardela balear se utilizaron modelos lineales generales por etapas (*stepwise*) (SAS 9.0; procedimiento GENMOD). Las variables predictoras se excluían del modelo cuando $\alpha > 0.05$, obteniendo así un modelo final con las variables predictoras significativas y con mayor varianza explicada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La zona de estudio abarcó la plataforma y el talud continental, hasta los 2.000 m de profundidad, aunque el 97% del área muestreada corresponde a una profundidad menor de 1.000 m (ver Fig. 1). El resultado del análisis de presen-

cia/ausencia de pardela balear identificó como significativas 5 de las 9 variables predictoras analizadas (ver Tabla 1). De ellas el área muestreada, el año y el gradiente de clorofila *a* presentaron una estima positiva y la profundidad y la distancia al delta del Ebro una estima negativa. Una estima positiva se interpretaría como una mayor probabilidad de avistar individuos de pardela balear y al contrario para estimas negativas. Por tanto, a mayor área muestreada mayor probabilidad de avistar pardela balear, aunque el área muestreada o esfuerzo se introdujo en el modelo para corregir, ya que fue diferente en cada celda. Se detectó una variabilidad interanual en la distribución de la pardela balear asociada a la estocasticidad del medio marino (SYDEMAN *et al.*, 2001). Las estimas negativas de la mediana de la profundidad y la distancia al delta del Ebro sugieren que la especie habitó la plataforma continental ibérica, limitada por la distancia al delta del Ebro, asociada a frentes oceanográficos, interpretado a partir de la estima positiva del gradiente de clorofila *a*.

A grandes rasgos, los resultados concuerdan con estudios previos (ABELLÓ & ORO, 1998; ARCOS & ORO, 2002; ABELLÓ *et al.*, 2003) si bien es la primera vez que se sugiere la asociación de la pardela balear con frentes oceanográficos en base al análisis de variables oceanográficas. La formación de estos frentes puede conllevar la agregación de organismos marinos, incluyendo aves marinas, ya que provocan un aumento de la productividad primaria y un arrastre de organismos planctónicos y nectónicos (ver referencias en BEGG & REID, 1997). El efecto de la colonia no ha sido significativo para el análisis de la presencia/ausencia de la pardela balear. Estos resultados sugieren que una fracción importante de la población reproductora se desplaza desde las zonas de cría directamente a aguas más productivas de la costa este de la península Ibérica, lo que concuerda con estudios previos (ABELLÓ & ORO, 1998; ARCOS & ORO, 2002; ABELLÓ *et al.*, 2003).

Uno de los avances que este trabajo ha aportado al estudio de la ecología de la especie es la inclusión de la presencia/ausencia de los arrastreros en el análisis de la asociación al hábitat, justificada al cubrir los descartes pesqueros más del 40 % de los requerimientos energéticos de la especie (ARCOS & ORO, 2002). La ausencia de una asociación significativa entre arrastreros y pardelas puede indicar que la utilización de descartes, pese a ser cuantitativamente importante, sea una actividad secundaria ante la ausencia de presas alternativas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo prestado por todos los participantes de las MEDITS, tanto científicos como tripulación. M. Ruiz, M. Palmer, D. Serrano, M. M. Fletxas, J.M.

Igual ayudaron en las diferentes etapas de este estudio preliminar. La aportación económica provino de fondos europeos (proyecto DISCBIRD) y de los Ministerios de Ciencia y Tecnología y de Medio Ambiente. ML disfrutó de una beca predoctoral del Govern Balear y JMA una beca Marie Curie.

BIBLIOGRAFÍA

- ABELLÓ, P. & ORO, D. 1998. Offshore Distribution of Seabirds in the Northwestern Mediterranean in June 1995. *Colonial Waterbirds* 21:422-426.
- ABELLO, P., ARCOS, J.M. & GIL DE SOLA, L. 2003. Geographical patterns of seabird attendance to a research trawler along the Iberian Mediterranean coast. *Scientia Marina* 67 (Suppl.2):69-75.
- ALLEN, J.I., SOMERFIELD, P.J. & SIDDORN, J. 2002. Primary and bacterial production in the Mediterranean Sea: a modeling study. *Journal of Marine Systems* 33-34:473-495.
- ARCOS, J.M. & ORO, D. 2002. Significance of fisheries discards for a threatened Mediterranean seabird, the Balearic shearwater *Puffinus mauretanicus*. *Marine Ecology Progress Series* 239:209-220.
- ARCOS, J.M. & ORO, D. 2003. Pardela balear, *Puffinus mauretanicus*. In: Martí, R., del Moral, J.C. (Eds.) *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología, Madrid, pp. 88-89
- ARCOS, J.M. & ORO, D. 2004. Pardela Balear, *Puffinus mauretanicus*. In: Madroño, A., González, C., Atienza, J.C. (Eds.), *Libro Rojo de las Aves de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SEO/BirdLife, Madrid, pp. 46-50.
- BALLANCE L.T., AINLEY, D.G. AND HUNT, G.L.JR. 2001. Seabird Foraging Ecology. Pages 2636-2644 in: J.H. Steele, S.A. Thorpe and K.K. Turekian (eds.). *Encyclopedia of Ocean Sciences*, vol. 5. Academic Press, London.
- BEGG, G.S. & REID, J.B. 1997. Spatial variation in seabird density at a shallow sea

- tidal mixing front in the Irish Sea. *ICES Journal of Marine Science* 54 :552-565.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2004. Species factsheet: *Puffinus mauretanicus*. Downloaded from <http://www.birdlife.org>.
- BURGER, J. & GOCHFELD, M. 2002. Effects of chemicals and pollution on seabirds. In: Schreiber, E.A. & Burger, J. (Eds.). *Biology of marine birds*. CRC Press, Boca Raton.
- ESRI. 1996. *Arc View GIS. The Geographic Information System for Everyone*.
- ESTRADA, M. 1996. Primary production in the northwestern Mediterranean. *Scientia Marina* 60 (Suppl.2):55-64.
- FURNESS, R.W. & CAMPHUYSEN, C.J. 1997. Seabirds as monitors of the marine environment. *ICES Journal of Marine Sciences* 54:726-737.
- NEL, D.C., NEL, J.L., RYAN, P.G., KLAGES, N.T.W., WILSON, R.P. & ROBERTSON, G. 2000. Foraging ecology of grey-headed mollymawks at Marion Island, southern Indian Ocean, in relation to longline fishing activity. *Biological Conservation* 96:219-231.
- ORO, D., AGUILAR, J.S., IGUAL, J.M. & LOUZAO, M. 2004. Modelling demography and extinction risk in the endangered Balearic shearwater. *Biological Conservation* 116:93-102.
- PALOMERA, I. 1992. Spawning of anchovy *Engraulis encrasicolus*, in the northwestern Mediterranean relative to hydrographic features. *Marine Ecology Progress Series* 79:215-223.
- RUIZ, A. & MARTÍ, R. (Eds.) 2004. La Parde-la Balear. SEO/BirdLife-Conselleria Medi Ambient del Govern de les Illes Balears. Madrid.
- SALAT, J. 1996. Review of hydrographic environmental factors that may influence anchovy habitats in the northwestern Mediterranean. *Scientia Marina* 60(Suppl.2):21-32.
- SVERDRUP, H.A., JOHNSON, M.H. & FLEMING, R.H. 1942. *The Oceans: Their Physics, Chemistry, and General Biology*. Prentice-Hall, New York.
- SYDEMAN, W.J., HESTER, M.M., THAYER, J.A., GRESS, F., MARTIN, P. & BUFFA, J. 2001. Climate change, reproductive performance and diet composition of marine birds in the southern California Current system, 1969-1997. *Progress in Oceanography* 49:309-329.
- TASKER, M.L., JONES, P.H., DIXON, T. & BLAKE, B.F. 1984. Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardized approach. *The Auk* 101:567-577.
- ZOTIER, R., BRETAGNOLLE, V. & THIBAUT, J-C. 1999. Biogeography of the marine birds of a confined sea, the Mediterranean. *Journal of Biogeography* 26:297-313.

(Rebut: 29.04.05; Acceptat: 23.05.05)