

# ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE ATÚN BLANCO *THUNNUS ALALUNGA* (BONATERRE 1788) EN EL ATLÁNTICO NORORIENTAL A PARTIR DE *PUMPS DE EKMAN* OBTENIDOS DEL DISPERSÓMETRO DE VIENTO DEL ERS-1

J. COCA (\*), A. G. RAMOS (\*), J. M. PAJUELO (\*), J. M. LORENZO (\*), I. ARTETXE (\*\*), Y J. SANTIAGO (\*\*)

antonio.ramos@biologia.ulpgc.es

(\* ) Dpto. de Biología-ULPGC. Campus de Tafira. 35017-Las Palmas de Gran Canaria

(\*\*) Instituto tecnológico pesquero y alimentario (AZTI). Isla Txatxarramendi, Sukarrieta (Vizcaya)

**RESUMEN:** La utilización de la teledetección espacial a partir de radiómetros para la identificación de estructuras oceanográficas susceptibles de acumular túnidos es una herramienta ampliamente utilizada desde hace décadas. Sin embargo y hasta la fecha, son muy escasos los trabajos realizados acerca de las posibilidades de utilización de radares a bordo de plataformas espaciales para el control y seguimiento de las pesquerías pelágicas de túnidos. El módulo y la dirección del viento obtenidos a partir del dispersómetro de viento de la serie ERS permiten el cálculo del *pump de Ekman* a unas escalas espacio-temporales inéditas hasta ahora. En este trabajo se presenta el cálculo de *pump de Ekman* a partir de datos del dispersómetro de viento del ERS-1 y su relación con la distribución de atún blanco en el Atlántico Nooriental.

**ABSTRACT:** The tuna behavior related to the oceanographic structures has been well described. Visible and Infrared remote sensing have been showed useful to identify structures that can produce tuna aggregation. Currently the possibilities of the use of active sensors to the fisheries is under development. The wind direction and module derived from ERS-1 lets evaluate the *Ekman pumping* with space-time scales unavailable from other data sources, allowing to obtain a relatively high resolution product to be applied to fishing. This paper submits the satellite-derived ERS1 *Ekman pumping* and the relationship with the albacore tuna distribution in the Northeast Atlantic.

**Palabras clave:** teledetección, pesquerías, *Thunnus alalunga*, ERS.

## INTRODUCCIÓN

El viento es el principal responsable de la dinámica superficial marina. Así el estrés que produce el campo de viento sobre la superficie del océano genera desplazamientos horizontales de las masas de agua que se ven compensados por ascensos y descensos verticales conocidos como *pump de Ekman*.

La asociación entre las condiciones oceanográficas y la distribución de especies de peces pelágicos (en especial los túnidos) viene determinada en gran medida por las características fisiológicas de éstos, especialmente sensibles a los cambios en las condiciones del medio. Así sus necesidades de termorregulación de la temperatura corporal, les hacen especialmente sensibles (*respuesta coherente*, Petit, 1991) ante estructuras y eventos oceánicos detectables mediante información espacial (Lauri *et alii*, 1984; Fiedler y Bernard, 1987; Santiago *et alii*, 1993; Ramos *et alii*, 1996).

Hasta el lanzamiento de la serie ERS (1991) no se disponía de datos de viento con una resolución espacial ni temporal comparables a los que da el AMI (*Active Microwave Instrument*). Salvo en los escasos tres meses de vida del Seasat, que llevaba a bordo un dispersómetro de viento más rudimentario (dos antenas y 50 km de resolución), las evaluaciones de *pump de Ekman*, se hacían a partir de datos de boyas y barcos. Los resultados obtenidos mediante métodos de interpolación se hacían para escalas temporales mayores de un mes y escalas espaciales en torno a 1 grado (Bakun y Nelson, 1991). Además, Saunders (1976) demostró que el aumento del tamaño de la malla producía la subestimación del stress de viento. Sin embargo, el AMI en el modo viento permite obtener dirección e intensidad de viento sobre la superficie del mar con una resolución espacial de 25 x 25 km. Su ciclo de repetición operacional, fijado en 35 días, permite construir

cartas de *pump* promediadas a lo largo de diez días, con una cobertura espacial aceptable. A pesar de ello, y en compensación a su menor resolución espacial frente a los radiómetros convencionales, los rádares presentan la ventaja de ser completamente transparentes a las nubes. Esta es un factor importante dada la alta cobertura nubosa de la zona.

**METODOLOGÍA**

Para el cálculo del *pump de Ekman* se emplearon datos del dispersómetro de viento del ERS-1 de 1991 a 1995 en el marco de un proyecto piloto de la ESA en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. El modelo empírico CMOD4 con el que se calcula el viento a partir de la sección eficaz de retrodispersión  $\sigma_0$ , ha sido calibrado por la ESA (Stoffelen y Anderson, 1993; Offiler, 1994) con una exactitud de 2 m/s y 20°. El *swath* del dispersómetro es de 500 km y el producto viene estructurado en una malla o *slot* de 19 x 19 nodos lo que da una cobertura de 500 km x 500 km y una resolución tierra de 25 x 25 km.

El área seleccionada comprendía desde el paralelo 35° N hasta el 50° N y desde el meridiano 0° W hasta el 25° W.

La fórmula empleada para el cálculo del *pump de Ekman* fue:

$$h(\nabla V_1 - \nabla V_2) = \frac{1}{\rho f} \left( \frac{\partial \tau_y}{\partial x} - \frac{\partial \tau_x}{\partial y} \right)$$

Se obtiene a partir de una idealización de un océano bicapa en el que la capa superior se ajusta a una dinámica geostrofica afectada por el estrés de viento y la segunda a se ajusta a una dinámica geostrofica pura. Cada capa se mueve a velocidades uniformes y constantes. Se construyen cartas con una resolución espacial de 25 kilómetros y promediadas a lo largo de 10 días.

Los base de datos de pesca fue facilitada por AZTI y corresponde a la flota de bajura vasca que se dedica a la pesca de atún blanco con curricán y cebo vivo. La información incluye fecha, latitud, longitud y rendimiento en número de individuos para embarcaciones individuales.

Para la comparación de *pump de Ekman* y capturas se adoptaron dos estrategias de comparación de pares de valores *pump*-captura (fecha y posición coincidentes) y superposición de las capturas sobre las cartas obtenidas. Se emplearon tres tamaños de círculos en función del rendimiento obtenido elegidos arbitrariamente menores de 150 peces (rendimiento bajo) entre 150 y 300 (rendimiento medio) y mayores de 300 individuos (rendimiento alto).

**RESULTADOS**

Respecto a las cartas de *pump de Ekman*, muchas de ellas presentaron poca cobertura espacial debido a la variación en los ciclos de repetición que se produjeron en los primeros años de órbita del ERS-1, para cumplir con las diferentes fases programadas previamente por la ESA (IFREMER, 1996). La fase operacional definitiva (35 días) permitió obtener una buena cobertura espacial, pero se dispuso de muy pocos datos con este ciclo.

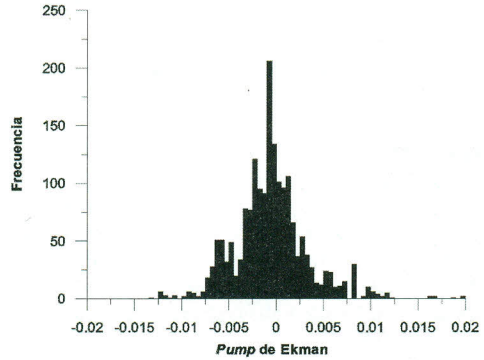


Figura 1. Frecuencia de *Pump de Ekman* (m/s) coincidente con posición de captura.

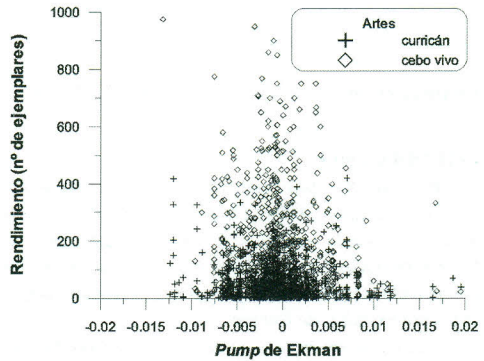


Figura 2. *Pump de Ekman* (m/s) frente a rendimiento desglosado según arte.

Se encontraron 1854 coincidencias entre valores de *pump* y los datos de captura. Los rendimientos se distribuyen tanto en valores negativos (descenso de agua) como positivos (ascenso de agua) como se aprecia en la figura 1. No existió correlación entre el rendimiento pesquero y el *pump de Ekman*, tomando pares de valo-

res coincidentes. En la figura 2 se observan las coincidencias obtenidas entre el rendimiento pesquero y el valor de *pump*.

En cuanto la superposición de capturas sobre las cartas obtenidas, la cobertura espacial mejoró el volumen de resultados. A pesar de ello, se obtuvieron suficientes cartas para ver asociaciones directas entre las estructuras visualizadas espacio-temporalmente (figura 3). Del 16 al 22 de agosto de 1991 se observa una alta concentración de puntos de captura con rendimientos altos alrededor de un bolsillo intenso de *pump* negativo. Cuando éste desaparece, dejan de acumularse capturas en el área. En numerosas imágenes se aprecian capturas dispersas con rendimientos bajos situados en zonas de cambio de signo como por ejemplo, del 23 al 26 de agosto de 1991 o del 13 al 18 de junio de 1993. Otro aspecto interesante es que cuando en el área se visualizan estructuras intensas se acumulan gran número de puntos de captura y se observan rendimientos mayores. Su distribución se produce en torno a las estructuras convergentes pero siempre cerca de zonas divergentes.

## DISCUSIÓN

A la vista de los resultados y considerando las limitaciones espacio-temporales de la base de datos de viento del ERS 1 desde el año 1993 hasta 1995, se observan relaciones claras entre los rendimientos pesqueros y el *pump* de Ekman así obtenido.

Los núcleos de *pump* de Ekman positivos y negativos parecen acumular rendimientos pesqueros significativos indistintamente. En cambio, si que resulta interesante ver como se distribuyen las capturas con respecto a las estructuras visualizadas en las cartas de *pump*. Así se observa una acumulación de capturas con rendimientos altos alrededor de zonas de convergencia intensas (agua descendente), pero cercanas a zonas de divergencia (agua ascendente). Naya (1967) relacionó las anomalías de presión negativas que determinan zonas de convergencia, con el incremento de capturas de atún blanco en el área de Canarias. Las zonas de convergencia en océano abierto tienden a acumular plancton, larvas (Zusser, 1958) y en consecuencia peces que pueden servir de alimento al túnido. Las capturas realizadas en zonas donde no se aprecian estructuras intensas no presentan rendimientos altos, pero éstos se sitúan en zonas donde cambia el signo del evento. Por todo ello, se considera más importante que el valor individual, la estructura espacial que el túnido detecta como anomalía de interés por su potencial trófico.

En una área como el Cantábrico, con cierta homogeneidad térmica y una elevada cobertura nubosa que limitan el uso de radiómetros convencionales (Santiago et alii, 1993; Ramos et alii, 1996), la utilización de

sensores activos transparentes a las nubes cobra mayor importancia

## CONCLUSIONES

El dispersómetro de viento a bordo de la serie ERS permite calcular *pump* de Ekman a escalas submesoescalares.

La cobertura espacial del resultado obtenido mejoraría notablemente combinando datos de ERS-1 y ERS-2 con un ciclo de repetición de 35 días (operacional definitivo). Esta cobertura mejoraría notablemente si se utilizaran datos de Quikscat.

El *pump* de Ekman calculado es una herramienta útil para el estudio de las pesquerías de atún blanco, pudiendo ser utilizada como técnica complementaria a otros tipos de productos (IR, visible y altimetría).

## BIBLIOGRAFÍA

- BAKUN, A. y C. S. NELSON, 1991. The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. *Journal of Geophysical Research*, 21, 1815-1834.
- FIEDLER, P. C., H. J. BERNARD, 1987. Tuna aggregation and feeding near front observed in satellite imagery. *Continental Shelf Research*, 7, 8, 871-881.
- IFREMER, 1996. Off-line wind scatterometer ERS products, user manual. C2-MUT-W-01-IF, versión 2.0, 85 pp.
- LAURS, R. M., P. C. FIEDLER y D. R. MONTGOMERY, 1984. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites. *Deep-Sea Research*, 31, 1085-1099.
- NAYA, A., 1967. La meteorología y la pesca científica. Servicio meteorológico nacional, Ministerio del aire, subsecretaría de aviación civil, Serie A, 47, 51 pp.
- OFFILER, D., 1994. The calibration of ERS-1 scatterometer winds. *Journal of atmospheric and oceanic technology*, 11, 1002-1017.
- PETIT, M., 1991. *Télé-détection aérospatiales et gestion des pêches; application: recherche enviro-mentale et halieutique thonière opérationnelle*. These de Doctorat. Université Pierre et Marie Curie de Paris. 130 pp.
- RAMOS, A. G., J. SANTIAGO, P. SANGRÁ y M. CANTÓN, 1996. An application of satellite-derived sea surface temperature to de skipjack (*Katsuwonus pelamis*, Linnaeus, 1758) and albacore tuna (*Thunnus alalunga* Bonaterre, 1788) fisheries in the north-east Atlantic. *International Journal of Remote Sensing*, 7, 4, 749-759.
- SANTIAGO, J., A. G. RAMOS, M. CANTÓN, 1993. *Teledetección y pesca de atún blanco en el NE Atlántico*.

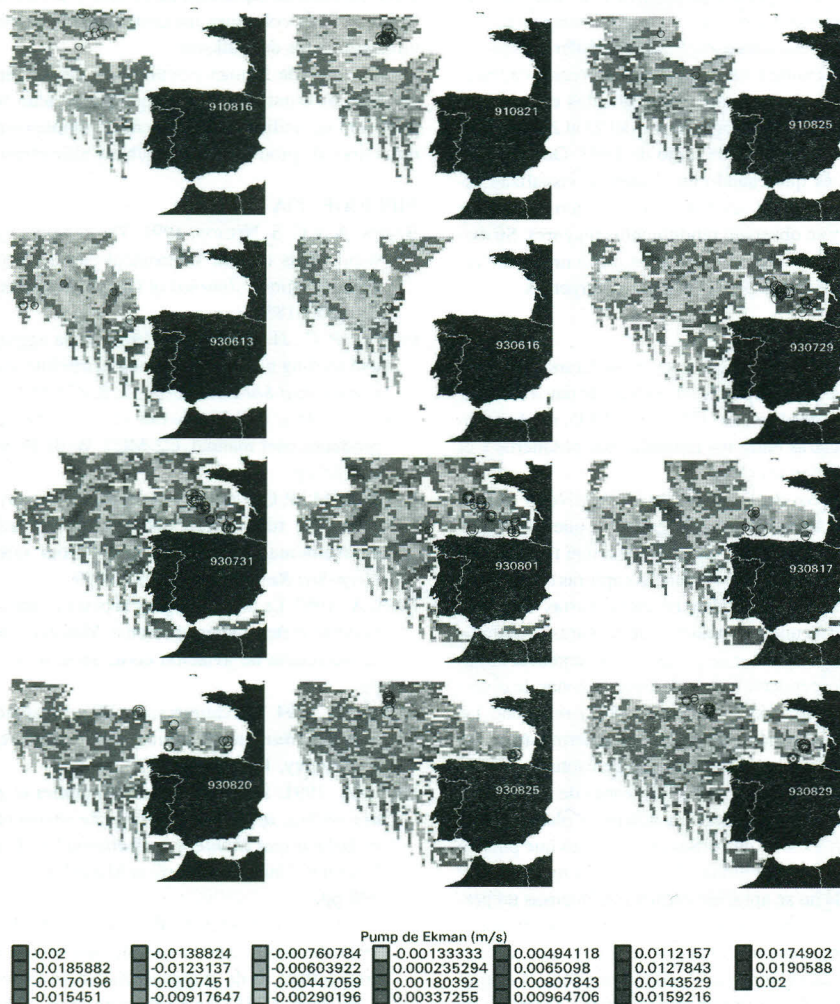
*Informes técnicos, Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco*, 51, 142 pp.

SAUNDERS, P. M., 1976. On the uncertainty of wind stress calculations. *Journal of Marine Research*, 34, 155-160.

STOFFELEN, A. y D. L. T. ANDERSON, 1993. ERS-1 scatterometer data characteristics and wind retrieval

skill. *Proceedings first ERS-1 Symposium – Space at service of our environment, Cannes, K ESA SP-359*, 41-47.

ZUSSER, S. G., 1958. A contribution to the study of fish behaviour. *Pap press to de IPFC Symposium on Fish Behaviour*. December 1958. London.



**Figura 3.** Evolución de los rendimientos de pesca de atún blanco en el Atlántico Nororiental sobre secuencias de escenas de Pump de Ekman (m/s) obtenidas del Dispensómetro de viento el ERS-1 entre el 16 y el 29 de Agosto de 1993.

(Ver figura en color en la página 685)