

Análisis del transporte de Ekman en las proximidades de la costa gallega mediante datos de QUIKSCAT

M. deCastro, I. Álvarez, E. Novoa, C. Moreira y M. Gómez Gesteira

Grupo de Física de la Atmósfera y del Océano, Facultad de Ciencias, Campus de Ourense. Universidad de Vigo. 32004 Ourense. mdcastro@uvigo.es, ialvarez@uvigo.es, elisabet@uvigo.es, cmoreira@uvigo.es, mggesteira@uvigo.es.

Resumen

Los datos de viento proporcionados por el satélite QUIKSCAT entre noviembre de 1999 y octubre de 2004 se utilizan para el estudio del transporte de Ekman en las proximidades de la costa gallega. Los datos muestran la existencia de diferentes regiones dependiendo de la geometría de la costa.

1. Introducción

El fenómeno de upwelling ha sido profusamente estudiado a lo largo de las costas Este del planeta. Éste fenómeno se atribuye generalmente a la acción del viento a lo largo de la costa, el cual genera un transporte de Ekman hacia o desde costa.

La costa Oeste de la Península Ibérica (Fig. 1) es el límite Norte del *Eastern North Atlantic Upwelling System*, el cual se extiende desde 10 hasta aproximadamente 44° N [1]. Las condiciones favorables al upwelling ocurren generalmente al final de la primavera y durante el verano [2,3].

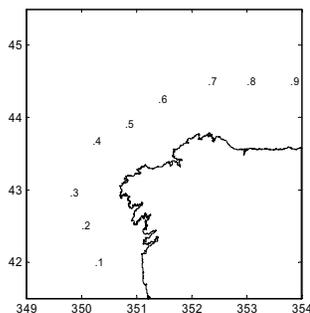


Figura 1: Posición de las estaciones de control alrededor de la costa gallega.

Macrocópicamente, la costa gallega se puede dividir en 3 regiones (Fig. 1), la costa Oeste que se extiende desde el Norte de Portugal hasta Cabo

Finisterre, con un ángulo de aproximadamente 90° relativo al ecuador; la costa intermedia desde Cabo Finisterre a Estaca de Bares, con un ángulo aproximado de 55°; y la costa Norte, aproximadamente paralela al ecuador.

En el presente estudio se analizará el transporte de Ekman en las diferentes zonas de la costa gallega mediante los datos proporcionados por el satélite QUIKSCAT entre noviembre de 1999 y octubre de 2004.

2. Resultados

2.1. Comportamiento anual

Se han considerado promedios estacionales comprendidos entre noviembre-marzo (otoño-invierno) y mayo-septiembre (primavera-verano) durante el periodo de tiempo del que el QuikSCAT dispone de datos (1999-2004). Los meses de octubre y abril se han eliminado debido a que se corresponden con la época de mayor variabilidad. Los resultados obtenidos se representan en la Figura 2, comportamiento estival, así como en la Figura 3, comportamiento invernal.

Puede observarse como el comportamiento estival es análogo a lo largo del periodo de estudio, destacando la existencia de un transporte en dirección Oeste, relacionado con vientos del norte, que se mantiene durante todos los años. Durante este periodo del año, también se pone de manifiesto la existencia de una diferencia clara a lo largo de la costa con valores máximos frente a las Rías Baixas y valores mínimos en el resto de la costa. El transporte en dirección Oeste es favorable a la aparición de upwelling en la zona de las Rías Baixas durante el periodo estival. Por otro lado, en la costa intermedia, la componente del transporte de Ekman también es desde costa, siendo favorable al upwelling, aunque de mucho menor intensidad. Finalmente, el transporte en la costa Norte es de menor amplitud y sin una componente dominante.

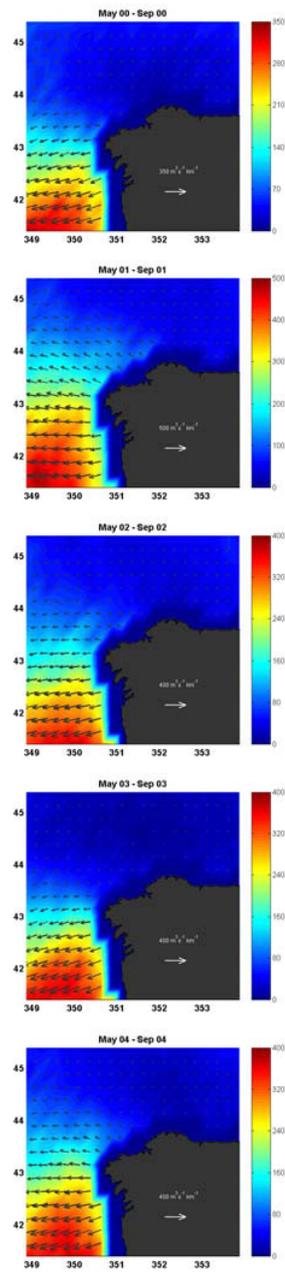


Figura 2: Transporte de Ekman (estival).

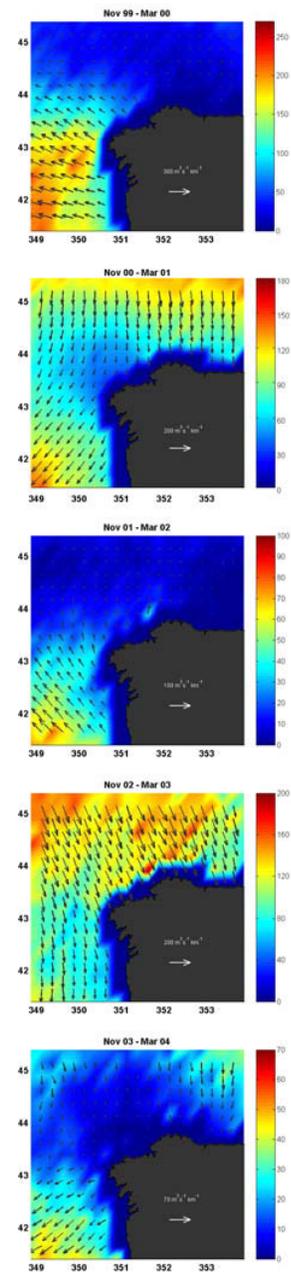


Figura 3: Transporte de Ekman (invernal).

En el caso del transporte invernal, puede verse como el patrón de transporte es mucho menos homogéneo, con importantes cambios en dirección año a año. Así, mientras que en el periodo octubre de 1999 a marzo de 2000 el patrón es bastante similar a un patrón estival, con la separación anteriormente comentada entre zonas, en la mayor parte de los años destaca la aparición de una importante componente hacia el Sur en la mayor parte de la costa.

2.2. Comportamiento interanual

Para un análisis más detallado de las tendencias generales se ha considerado el comportamiento promedio a lo largo de todo el periodo de estudio, diferenciando entre época estival e invernal como anteriormente. Para tener una imagen esquemática del transporte, no se ha considerado todo el mapa anterior, calculando en su lugar las componentes del transporte de Ekman (Q_s , Q_y) en nueve puntos situados a lo largo de la costa gallega a aproximadamente 75 km (Fig. 1), desde noviembre de 1999 hasta octubre de 2004. Los tres primeros puntos se han situado en la costa oeste, entre el estuario del Miño y Cabo Finisterre (42° N, 350.2° E; 42.5° N, 350° E; 43° N, 349.77° E). Otros tres puntos se han situado en la zona intermedia, entre Cabo Finisterre y Cabo Ortegal (43.67° N, 350.20° E; 43.91° N, 350.80° E; 44.25° N, 351.40° E). Los tres últimos se encuentran en la costa Norte desde Cabo Ortegal hasta Cabo Peñas (en la costa de Asturias) (44.50° N, 352.30° E; 44.50° N, 353.0° E; 44.50° N, 353.80° E). Los resultados pueden verse en las Figuras 4 y 5.

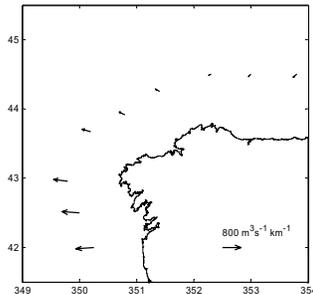


Figura 4: Transporte de Ekman (estival) promediado desde 1999 a 2004.

La situación de estival (Fig. 4) muestra un transporte de Ekman en dirección oeste a lo largo de toda la costa. Este transporte desplaza el agua superficial hacia el océano y está relacionado con

vientos de componente Norte, los cuales son característicos de la época estival. La intensidad es mucho mayor en la costa oeste que en el resto de la zona costera. Cabe destacar que el transporte es favorable a la aparición de upwelling en la costa Oeste y, en menor grado, en la costa intermedia, aunque no en la costa Norte.

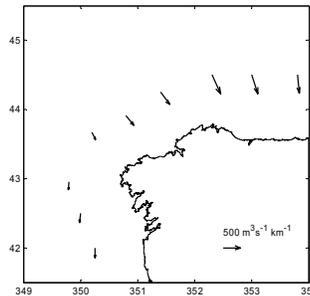


Figura 5: Transporte de Ekman (invernal) promediado desde 1999 a 2004

Para la situación correspondiente a la época invernal (Fig.5) se puede observar que frente a las Rías Baixas se produce un transporte en dirección Sur, relacionado con vientos de componente Oeste, generalmente producido por la llegada de frentes desde al Atlántico. En el resto de la zona costera, el transporte es en dirección a la línea de costa asociado con vientos de componente Suroeste, lo cual da lugar a una situación invernal desfavorable a la aparición de upwelling. Cuando se compara la intensidad a lo largo de la costa, puede verse como ésta aumenta a medida que el punto de observación se desplaza hacia el Norte.

2.3. Comparación con otras fuentes de datos

Los datos obtenidos mediante el uso del satélite QUIKSCAT se han comparado con la base histórica dada por Lavin et al. [4,5], los cuales han medido el índice de upwelling (componente del transporte de Ekman perpendicular a la costa) durante décadas en el punto 43° N, 349° E. Estos cálculos se han realizado a partir de vientos geostrofos, en lugar de vientos reales como los medidos por QUIKSCAT.

La Tabla 1 muestra la comparación entre las componentes del transporte de Ekman proporcionadas por ambas bases de datos, durante el periodo temporal de estudio anteriormente descrito (noviembre de 1999 y octubre de 2004).

Tabla 1: Comparación entre datos de QuikSCAT y de base histórica.

	α_o	$r_{x,y}$
Q_x	1.29	0.51
Q_y	0.92	0.59

Donde se han definido

$$\alpha_o = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{\sum_{i=1}^N y_i^2}}$$

$$r_{x,y} = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

de tal forma que x representa a la base de QuikSCAT e y a la base histórica.

Puede verse como la magnitud de ambas componentes del transporte de Ekman, determinada por α_o , es comparable en ambas bases y como el coeficiente de correlación, $r_{x,y}$ es bastante elevado, teniendo en cuenta el origen totalmente distinto de ambos datos.

3. Conclusiones

Es un hecho bien conocido que el viento es el principal responsable de la circulación superficial oceánica a través del llamado transporte de Ekman que permite caracterizar el fenómeno de afloramiento. Hasta el momento, para caracterizar el afloramiento en la plataforma gallega, se utilizaban índices de upwelling en el punto 43° N, 349° E calculados a partir de vientos geostroficados [4, 5].

En este trabajo se ha analizado el transporte de Ekman a lo largo de toda la costa gallega a partir de datos de viento reales obtenidos del satélite QuikSCAT. Así se ha podido caracterizar con detalle el comportamiento de la circulación en toda la plataforma gallega. Esta base de datos se ha comparado con la base de datos que se venía utilizando tradicionalmente, para el mismo periodo de tiempo obteniéndose una buena correspondencia entre ambas.

El comportamiento estacional del transporte de Ekman para todo el periodo de tiempo analizado, ha puesto de manifiesto que durante la época estival los vientos predominantes son de componente Norte generando un transporte de Ekman en dirección Oeste tanto en la costa Oeste como en la costa intermedia aunque en ésta última de menor amplitud. Este transporte produce el desplazamiento de agua superficial hacia el océano y su sustitución por agua subsuperficial produciendo el fenómeno de afloramiento costero. Finalmente, el transporte en la costa Norte es de menor amplitud y sin una

componente dominante.

Durante la época invernal los vientos son más variables mostrando una componente Oeste predominante frente a las Rías Baixas y rolando a Suroeste en dirección Norte a lo largo de la costa gallega. Esto genera un transporte de Ekman en dirección Sur frente a las Rías Baixas y en dirección a la línea de costa en el resto, dando lugar a una situación desfavorable a la aparición de upwelling. La intensidad del transporte aumenta en dirección Norte a lo largo de la costa gallega.

4. Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología dentro del proyecto REN2003-04106-C03-02. Asimismo nos gustaría agradecer a Ainhoa Caballero su ayuda en la obtención de los datos de QuikSCAT. Los datos de satélite han sido obtenidos de <http://podaac.jpl.nasa.gov/quikscat>.

5. Referencias

- [1] Wooster, W. S., A. Bakun, and D. R. McClain, "The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the north Atlantic", *Journal of Marine Research*, 34, 131 – 141, 1976.
- [2] Fraga, F. "Upwelling off the Galician Coast, Northwest Spain". In *Coastal Upwelling*. (Richardson, F.A., ed.) *American Geophysics Union*, Washington, 176- 182, 1981.
- [3] Blanton, J. O., K. R. Tenore, F. Castillejo, L. P. Atkinson, F. B. Schwing, and A. Lavin, "The relationship of upwelling to mussel production in the rias on the western coast of Spain", *Journal of Marine Research*, 45, 497-511, 1987.
- [4] Lavin, A., G. Díaz del Río, J. M. Cabanas, and G. Casas, "Afloramiento en el noroeste de la Península Iberica. Indices de afloramiento para el punto 43° N 11° W periodo 1966 – 1989", *Informes técnicos del Instituto Español de Oceanografía*, 91, 33, 1991
- [5] Lavin, A., G. Díaz del Río, G. Casas, and J. M. Cabanas, "Afloramiento en el noroeste de la Península Iberica. Indices de afloramiento para el punto 43° N 11° W periodo 1990 – 1999", *Datos y Resúmenes. Instituto Español de Oceanografía*, 15, 1-25, 2000.