

Análisis de la asimetría de los remolinos generados por el Archipiélago Canario a partir de datos de satélite.

L. García Weil⁽¹⁾, A. Luque-Söllheim⁽²⁾, A. Tejera-Cruz⁽¹⁾, O. Bergasa-López⁽¹⁾ y J. Cárdenes⁽¹⁾

⁽¹⁾Dep. Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus de Tafira s/n, 35017 Las Palmas de Gran Canaria. lgarcia@dfis.ulpgc.es.

⁽²⁾Dep. Física. Grupo Meteorología. Universidad de les Illes Balears. Campus de la UIB, 07122 Palma de Mallorca.

Resumen

A través del análisis de datos de satélite procedentes del sensor AVHRR y de los altímetros ERS-2 y TOPEX para el año 1998 se describen las asimetrías encontradas entre los remolinos ciclónicos y anticiclónicos que se generan al incidir la Corriente de Canarias sobre el Archipiélago Canario. De este estudio se concluye que si bien los remolinos ciclónicos se generan más frecuentemente que sus homólogos anticiclónicos, son estos últimos los que alcanzan tiempos de vida y tamaños mayores, desempeñando un papel relevante en la actividad mesoescalar observada al sur de las Islas Canarias.

1. Introducción

Uno de los aspectos más estudiados y documentados en Mecánica de Fluidos es el de las alteraciones que sufre un flujo incidente cuando es obstaculizado por un cuerpo de ciertas dimensiones.

Para el caso simple de un obstáculo cilíndrico aislado, inmerso en un fluido homogéneo no rotante, las características del flujo al superar el obstáculo son altamente simétricas, y vienen determinadas por el número de Reynolds, $Re=UL/\nu$ (donde U es la velocidad del flujo incidente, L es la dimensión transversal del obstáculo y ν es la viscosidad cinemática). La transición entre los distintos regímenes ocurre al superar Re un valor crítico. Para valores bajos el flujo está pegado al obstáculo, dando lugar a la presencia de remolinos atrapados para valores de Re intermedios. Estos remolinos se desprenden alternativamente de ambos lados del obstáculo para los valores de Re mayores [1].

La rotación añade mayor complejidad, de modo que el flujo necesita al menos dos parámetros adimensionales para ser descrito. Estos suelen ser el número de Rossby, $Ro=U/\Omega L$, y el número de Ekman, $Ek= \nu/\Omega L^2$ (donde Ω es la velocidad angular de rotación de todo el sistema). Un hecho notable debido a la rotación es el carácter asimétrico del flujo detrás del obstáculo [2]. Además si el flujo está estratificado se debe añadir el número de Froude, $Fr=U/NH$ (donde H es la profundidad del

fluido y $N^2=g\Delta\rho/\rho H$ es la frecuencia de Brunt-Vaisala, siendo ρ la densidad del fluido) para describir las características del flujo [3].

Para el caso de las Islas Canarias que suponen un obstáculo para el paso de la Corriente de Canarias, es de esperar que estos efectos estén presentes, observándose cierta asimetría en el flujo al atravesar el archipiélago.

Sin embargo, se ha de tener en cuenta que islas con una orografía elevada como son las del Archipiélago Canario, representan un obstáculo no solo para el océano sino también para la atmósfera, dando lugar a un fuerte gradiente en la velocidad del viento entre las zonas expuestas y protegidas. Esta situación induce un bombeo de Ekman que puede deformar la termoclina, ayudando a la formación de remolinos detrás de las islas [4].

Además, en claro contraste al caso de islas oceánicas aisladas, la generación y desprendimiento de remolinos para cada una de las islas del Archipiélago Canario puede estar influenciada por la proximidad de la costa africana y la propia presencia cercana del resto de las islas (figura 1).

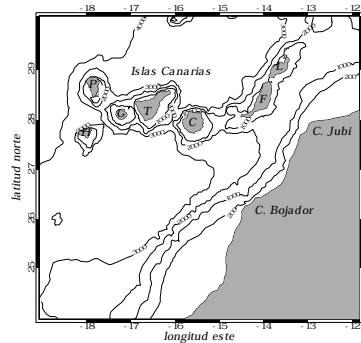


Figura 1: Mapa del área de interés.

En resumen, el flujo a sotacorriente de las Islas Canarias se encuentra condicionado por una gran cantidad de factores, algunos de los cuales pueden

cambiar a lo largo del año. En este trabajo se tratan de describir sus características principales a través de un estudio en el que se combinan datos del sensor AVHRR y de los altímetros TOPEX y ERS-2 con más de un año de duración.

2. Datos empleados

Las escenas AVHRR usadas corresponden al año 1998 y fueron recogidas por la estación de recepción del Servicio de Ecología Asistido por Satélite (SeaS-Canarias) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y el CREPAD del INTA. Los datos originales fueron procesados a temperatura de brillo del canal 4 y de la superficie del mar (TSM), enmascarando las nubes. Posteriormente después de realizar la corrección geométrica de todas las imágenes fueron representadas utilizando la proyección Mercator.

Los datos de los altímetros ERS-2 y TOPEX del año 1998 usados fueron generados por el Collecte Localisation Satellites (CLS) Space Oceanography Division y distribuidos en CD-ROM por AVISO (Archivage, Validation et Interprétation des Données des Satellites Océanographiques). Las correcciones standard de los datos fueron llevadas a cabo por CLS obteniéndose la altura de la superficie del mar corregida. Entonces eliminando el efecto del geoid se obtuvieron los valores de las anomalías del nivel del mar, que se representaron en un mapa usando el método de las correcciones sucesivas.

3. Resultados

3.1. Generación de remolinos

En la figura 2 se muestran los lugares usuales de generación de los remolinos tal como son observados en las imágenes del sensor AVHRR para el año 1998. Por otro lado en la tabla 1 se exhiben el número de remolinos identificados de cada tipo agrupados semestralmente.

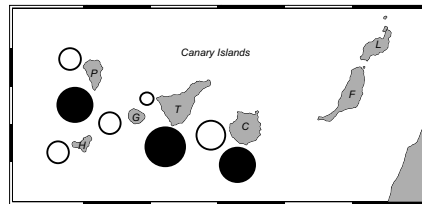


Figura 2: Lugar de generación de los remolinos. Los círculos en blanco simbolizan a vórtices ciclónicos y aquellos en negro a anticiclónicos.

Tabla 1: Número de remolinos generados clasificados por tipo y época de aparición.

	Primer semestre	Segundo semestre	Total
Ciclón	7	18	25
Anticiclón	4	6	10
Total	11	24	35

El número de remolinos identificados con esta metodología es posiblemente inferior al realmente existente, debido a problemas inherentes a los propios datos AVHRR, relacionados con la cobertura nubosa y la propia señal que los remolinos dejan en la superficie del océano. Aun así, a pesar de estas limitaciones se pueden extraer algunas consecuencias del análisis de esta tabla:

- Los remolinos se generan durante todo el año, coincidiendo con observaciones anteriores basadas en datos discontinuos [5]. Esto indica que la intensidad de los mecanismos involucrados en su formación es suficiente a lo largo del año.
- Durante el primer semestre del año el número de remolinos generados (11 de 35) es claramente menor al segundo semestre (24 de 35). Esto podría estar relacionado con el carácter estacional del viento y las corrientes en esta área.
- Comparando el número de remolinos ciclónicos y anticiclónicos generados, resulta que los primeros (25 de 35) son más abundantes que los segundos (10 de 25).

Otro aspecto interesante es el tiempo que los vórtices necesitan para crecer y despegarse de la isla en que se forman. La observación de aquellos remolinos que pudieron ser identificados desde sus inicios hasta que logran desprenderse en las escenas AVHRR, indican que en promedio tardan alrededor de dos semanas en llevar a cabo este proceso, coincidiendo con [5]. Una excepción a esta tónica la exhibió un remolino anticiclónico observado, por primera vez, al suroeste de la isla de la Palma el 16 de septiembre de 1998. Las imágenes de satélite, como la que se muestra en la figura 3, indicaron que esta característica, denominada AP1, tenía un diámetro de 80 km y fue retenida en la misma posición hasta el final de noviembre (más de 70 días). Después se desplazó rápidamente hacia el oeste a una velocidad media cercana a 6.5 cm s^{-1} (promedio de 17 días), siendo observado por última vez el 26 de diciembre.

3.2. Evolución de remolinos desprendidos.

De todos los remolinos generados en el área de interés (35 en total), solamente unos pocos, que aparecen recogidos en la tabla 2, pudieron ser identificados por inspección visual en los datos de satélite durante un periodo de tiempo superior a dos meses (6 en total). La primera letra usada para el nombre de estos vórtices indica su carácter ciclónico (C) o anticiclónico (A), mientras que la segunda hace referencia a su lugar de generación (Gran Canaria (C), Tenerife (T) o La Palma (P)).

Tabla 2: *Vórtices de larga duración.*

Nombre	Primera observación	Tiempo de observación
CC1	8.4.98	105 días
CC2	3.7.98	61 días
AC1	26.6.98	146 días
AT1	26.7.98	188 días
AC1T2	8.11.98	105 días
AP1	16.9.98	101 días

Estos remolinos de largo periodo presentan las siguientes características significativas:

- Casi todos ellos se formaron el segundo semestre del año (entre junio y octubre) coincidiendo con el periodo de mayor generación de remolinos como se comentó en el apartado anterior. Sin embargo, como contraste a la abundancia de los vórtices ciclónicos en los estadios iniciales, para tiempos prolongados parecen proliferar más los vórtices de tipo anticiclónico.
- Los remolinos ciclónicos de larga duración presentan por lo general menores tamaños (50 – 80 km) que sus homólogos anticiclónicos (100 -200 km). En la figura 3 se comparan los tamaños relativos de estos vórtices.
- Una vez que se desprenden los remolinos se desplazan por lo general hacia el suroeste, como indican sus trayectorias deducidas a partir de la observación de los datos de satélite. En la figura 4 se muestran aquellas descritas por CC1 y AT1.
- Al igual que ocurre con los tamaños, las trayectorias y periodos de observación en que los remolinos ciclónicos pueden ser identificados en los datos de satélite, suelen ser de menor tamaño y duración que las de sus equivalentes anticiclónicos.

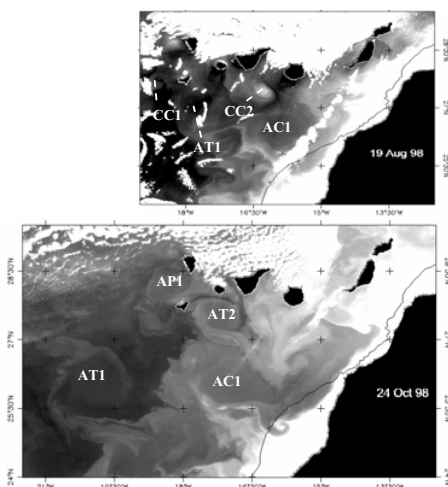


Figura 3: *Escenas AVHRR correspondientes al 19 de agosto de 1998 (parte superior) y al 24 de octubre de 1998 (parte inferior).*

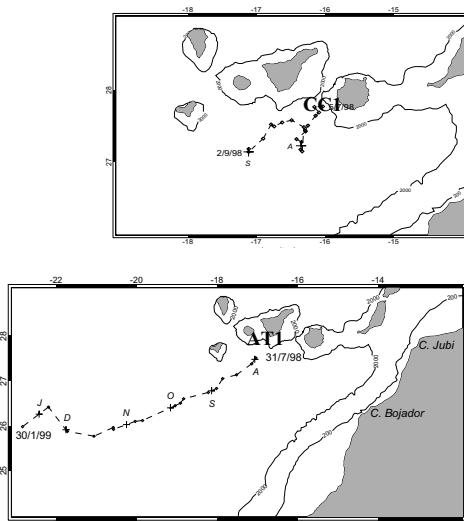


Figura 4: *Trayectorias descritas por el vórtice ciclónico CC1 (parte superior) y el anticiclónico AT1 (parte inferior).*

- El desplazamiento de los remolinos ciclónicos se ve influenciado no solo por la advección producida por la Corriente de Canarias, sino también por la interacción con los vórtices anticiclónicos mayores. En caso de encuentro de dos remolinos de intensidad y sentido de rotación distintos, el más débil es conducido alrededor del más intenso describiendo una trayectoria curva [6].
- El desplazamiento de los remolinos anticiclónicos también se ve afectado por otros factores aparte de la advección producida por la Corriente de Canarias. Así, cerca de su lugar de generación el movimiento de los anticiclones se ve afectado por la presencia simultánea de otros anticiclones y la proximidad de la costa africana, con indicios que indican que los vórtices anticiclónicos disminuyen su marcha al acercarse a ella, como ocurrió con AC1. Una vez alejados de su lugar de formación, todos los anticiclones se desplazan hacia el oeste condicionados posiblemente por la influencia combinada de la Corriente de Canarias y la deriva hacia el oeste que produce el efecto beta, recorriendo en promedio alrededor de 100 km al mes.
- El predominio en número, tamaño y tiempo de permanencia de los remolinos anticiclónicos hace que su encuentro sea más probable que la de los remolinos ciclónicos. La colisión de dos anticiclones puede dar lugar a su fusión, como ocurrió con el remolino AC1T2 que se muestra en la figura 5, y que se formó al aproximarse AC1 y AT2 (Figura 4).

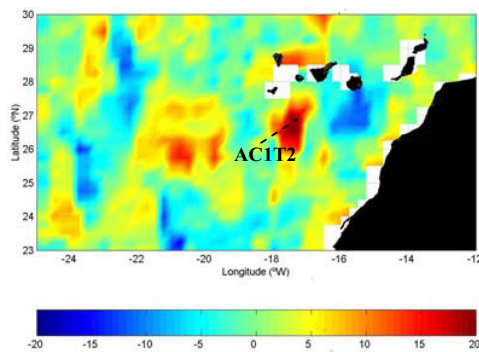


Figura 5: .Mapa de anomalías del nivel del mar correspondiente al ciclo 37 del altímetro ERS-2 (27 de octubre- 29 de noviembre de 1998).

4. Conclusiones

Aunque los datos utilizados en este estudio han sido limitados, ilustran sin embargo el importante papel ejercido por los remolinos generados por las islas en la intensa actividad mesoescalar que se detecta al suroeste del Archipiélago Canario. El análisis llevado a cabo ha revelado una pronunciada asimetría en cuanto al papel ejercido por los remolinos anticiclónicos y sus homólogos ciclónicos.

En el momento actual estamos realizando un estudio, dentro del proyecto INTEGCAN financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) que tiene por objetivo continuar con este análisis extendiéndolo en el tiempo e integrando un mayor número de datos procedentes de distintas fuentes.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen a AVISO por permitirnos usar los datos de altímetro y a Seas-Canarias y el Crepad el suministro de las imágenes AVHRR. Este trabajo ha sido financiado por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria a través de los proyectos UNI2002/03 y UNI2005/06-37, y por el MEC a través del proyecto INTEGCAN (CGL2004-02235/CLI).

6. Referencias

- [1] Tritton, D. J. *Physical Fluid Dynamics*. Oxford University Press, New York, 1988.
- [2] Boyer, D.L., and P.A. Davies. "Laboratory studies of orographic effects in rotating and stratified flows", *Ann. Rev. Fluid Mech.*, 32, 165-202, 2000.
- [3] Blanchonette, P. "Two-layer flow past a cylinder in a rotating frame", *J. Fluid Mech.*, 371, 301-318, 1998.
- [4] Basterretxea, G., E.D. Barton, P. Tett, P. Sangrá, E. Navarro-Pérez and J. Aristegui. "Eddy and deep chlorophyll maximum response to wind-shear in the lee of Gran Canaria", *Deep Sea Res.*, 49, 1087-1101, 2002.
- [5] Aristegui, J., P. Tett, A. Hernández-Guerra, G. Basterretxea, M.F. Montero, K. Wild, P. Sangrá, S. Hernández-León, M. Cantón, J.A. García-Braun and M. Pacheco. "The influence of island-generated eddies on chlorophyll distribution: a study of mesoscale variation around Gran Canaria". *Deep Sea Res.*, 44, 71-95, 1997.
- [6] Simpson, J.J. and R.J. Lynn.. "A mesoscale eddy dipole in the offshore California Current". *J. Geophys. Res.*, 95, 13009-13022, 1990.