

## DETECCIÓN DE FRENTEs TÉRMICOS Y ESTIMACIÓN DE CORRIENTES SUPERFICIALES EN TORNO A LA ISLA DE MADAGASCAR

J. M. Cotos, J. A. Triñanes, M. Martínez, A. Iglesias  
Dpto. de Electrónica y Computación. Universidad de Santiago de Compostela.  
Fac. Físicas. Campus Sur. 15706. Santiago de Compostela.

### RESUMEN

El conocimiento de las estructuras térmicas oceánicas y su evolución temporal constituyen un parámetro de vital importancia para un buen conocimiento de la dinámica oceánica.

Presentamos en este trabajo los resultados de un estudio llevado a cabo en torno a la isla de Madagascar (Sur del océano Indico), en aras a monitorizar las corrientes térmicas superficiales y los frentes térmicos, durante la primavera de 1997.

### INTRODUCCIÓN

El desarrollo comercial de pesquerías pelágicas ha llegado a un punto de competitividad entre empresas en que la rentabilidad pasa por introducir las últimas técnicas disponibles a bordo de los barcos pesqueros. De todos es conocida la gran actividad biológica que presenta el océano Indico, famoso entre otras, por sus pesquerías de atún. Encontramos el origen de este fenómeno en el régimen de vientos monzónicos, especialmente fuertes en estas longitudes, que hacen que corrientes de aguas frías se introduzcan en zonas cálidas y viceversa. El hecho de que dos masas de agua hidrodinámicamente diferentes choquen entre sí y mantengan una pared común hace que se produzca una cierta vorticidad que asegura el equilibrio hidrodinámico. Debido a esto en zonas de gran contraste térmico (de aquí en

adelante frentes térmicos), aparecen afloramientos de nutrientes que, en presencia de la luz solar generan fito y zooplancton, lo cual hace que presenten un gran interés pesquero.

Presentamos en este trabajo la evolución temporal de varios de estos frentes en el entorno de la isla de Madagascar a lo largo de varios días consecutivos.

### RÉGIMEN DE VIENTOS EN EL OCEANO INDICO: MONZONES Y ALISIOS

Como podemos ver en la figura 1 (US Office, 1957) por debajo de 10S predominan los vientos **alisios** que soplan del sudeste durante todo el año.

Podemos situar el límite de la región monzónica en el paralelo 10S distinguiendo tres situaciones climáticas a lo largo del año:

a) de diciembre a marzo sopla el **monzón del noroeste**, con vientos que soplan de tierra a mar en todo el Mar de Arabia (fig. 1a), con vientos moderados y aire seco.

b) de junio a septiembre encontramos el **monzón del suroeste**, con vientos que fluyen del mar a la tierra, siempre con dirección suroeste desde, aproximadamente el paralelo 20S (fig. 1b). Particularmente fuerte es el denominado Jet de Somalia, paralelo a la costa somalí, con vientos fuertes y húmedos.

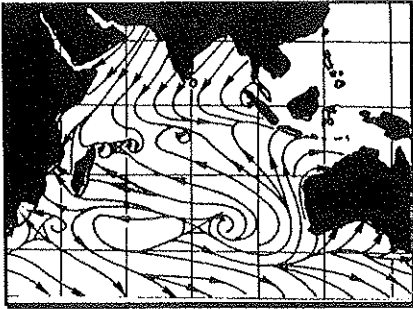


Figura 1a.- Vientos predominantes durante el monzón del noroeste

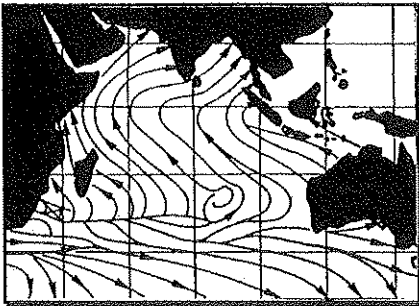


Figura 1b.- Vientos predominantes durante el monzón del suroeste

c) de abril a mayo y de octubre a noviembre nos encontramos con situaciones de transición entre las dos anteriores que se denominan **intermonzones**, durante las cuales predominan vientos fuertes del oeste en las áreas ecuatoriales, y no hay direcciones predominantes en las demás zonas.

### ZONA DE ESTUDIO

Nos centraremos en el entorno de la isla de Madagascar que presenta vientos que fluyen de suroeste a noreste prácticamente constantes en dirección durante todo el año como podemos apreciar en la figura 1. En la figura 2 tenemos representados los datos de corrientes obtenidos in situ por barcos y boyas derivantes entre 1854 y 1974

(Cutler y Swallow, 1984). Sin embargo es una zona que presenta fuertes corrientes, y que apenas presentan variación a lo largo del año.

En la figura 3 (Fieux y Kartavtseff, 1985), en la que tenemos estas corrientes esquematizadas, podemos observar como hay una corriente que fluye del este al oeste por el norte de la isla, otra también bastante fuerte que fluye de norte a sur, en el sureste, y como, en el interior del canal encontramos dos giros ciclónicos, uno permanente a lo largo del año en el sur y otro que se mantiene sólo durante el otoño austral, derivando en una corriente norte sur el resto del año.

Así como la climatología y las corrientes del océano Indico están muy bien documentadas no hemos encontrado en la bibliografía un mapa que resuma las estructuras térmicas dominantes a lo largo de todo el año, a pesar de que si existen.

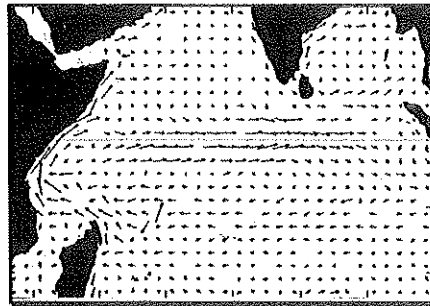


Figura 2a.- Datos de corrientes correspondientes al mes de abril.

### METODOLOGÍA

Hemos procesado 8 imágenes de días sucesivos entre los meses de abril y mayo de 1997, en concreto de los días 27, 28, 29 y 30 de abril y 5, 6, 7 y 8 de mayo. La diferencia entre ellas de 5 días no ha sido una casualidad, sino que se han elegido así para poder comparar los

resultados entre sí y eliminar de esta forma los rasgos que no indiquen

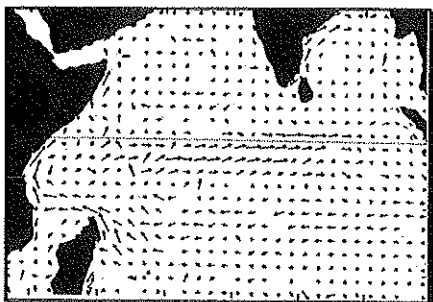


Figura 2b.- Datos históricos de corrientes correspondientes al mes de mayo.

estacionalidad, asumiendo que variaciones locales de las estructuras térmicas no permanecen más allá de 5 días, como tampoco lo hacen las corrientes debidas a vientos no estacionales.

Nos centraremos en este trabajo en la detección de frentes térmicos y la localización de corrientes superficiales. Para ello partimos de imágenes NOAA de las cuales extraemos mapas SST. Un algoritmo tipo Cluster Shade (Cotos et al, 1993) nos localiza los frentes existentes en la imagen, mientras que metodología MCC (correlación cruzada entre pares de imágenes), (Cotos et al, 1993bis) ha sido empleada para estimar corrientes superficiales.

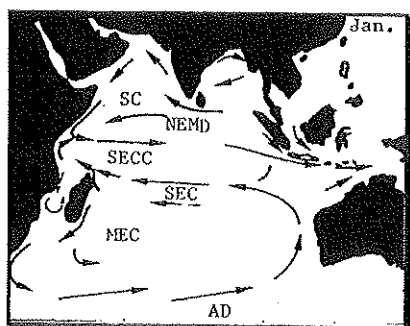


Figura 3a.- Corrientes predominantes durante el monzón del noroeste

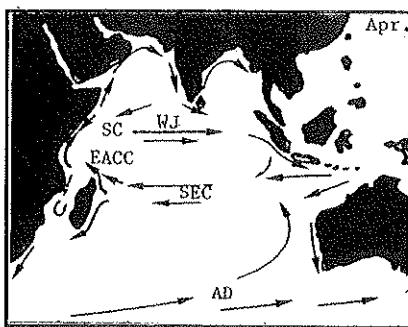


Figura 3b.- Corrientes predominantes durante el intermonzón.

## RESULTADOS

En las figuras 4a y 4b podemos ver los frentes obtenidos a partir de las imágenes SST de los días 28 de abril y 5 de mayo respectivamente.

En las figuras 5a y 5b, y a modo de ejemplo, encontramos las velocidades advectivas resultantes de aplicar el algoritmo MCC a las imágenes de los días 27 y 28 de abril, y a 7 y 8 de mayo respectivamente.

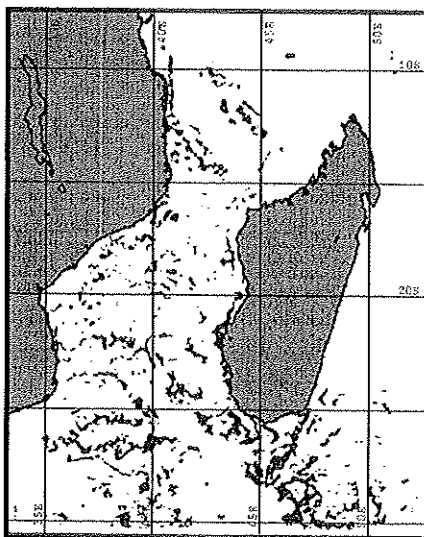


Fig. 4a. Frentes térmicos del día 28 de abril.

Podemos decir que durante esta época los frentes permanecen prácticamente constantes en el sur de la isla (a fecha actual de 1 de junio todavía persisten el frente con dirección N-S al sureste de la isla y el que presenta dirección E-W al suroeste de la misma), así como el frente que vemos más al norte.

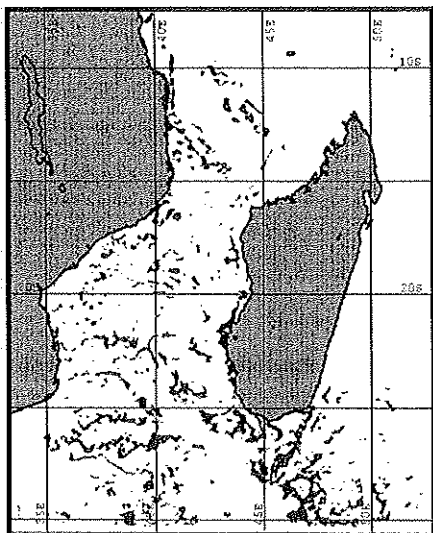


Fig. 4b. Frentes térmicos del día 5 de mayo.

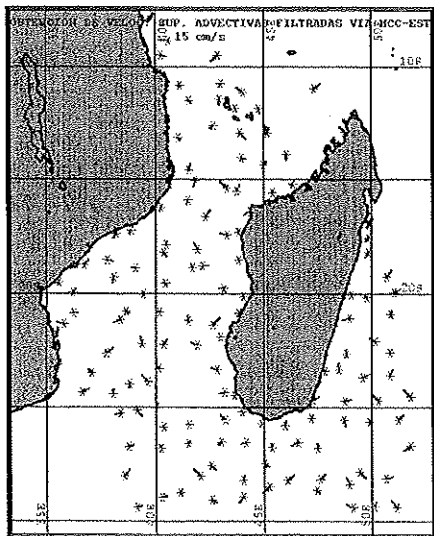


Fig. 5a. Velocidades entre los días 27 y 28.

Observamos en los mapas de velocidades que existen zonas coherentes que nos hacen creer en la existencia de corrientes permanentes a lo largo de los días de estudio,

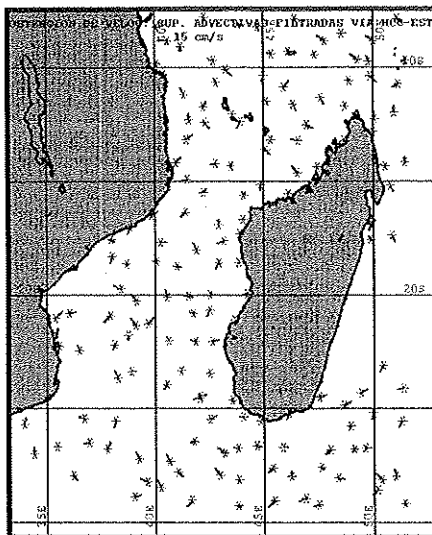


Fig. 5b. Velocidades entre los días 7 y 8.

como por ejemplo la existente en la parte este del sur de la isla, donde se aprecia en ambas imágenes vectores que fluyen hacia el sur algo separados de la línea de costa.

Para sintetizar los frentes encontrados en todas las imágenes, y que podemos decir que fueron permanentes durante los días estudiados, hemos realizado los mapas sinópticos de la figuras 6, a los que se les han superpuesto los vectores de velocidad que eran coherentes en los resultados de los dos grupos de días.

En ambas figuras podemos apreciar la existencia de una corriente de aproximadamente 10 cm/seg. que fluye entre los dos frentes del suroeste de la isla, y de los cuales, probablemente es responsable. Es una corriente de agua cálida con una temperatura media de

26.5 grados, y con diferencia con las paredes de ambos frentes de dos grados por encima.

También podemos constatar la existencia de otra corriente con dirección N-S en la otra cara de la isla, esta más irregular y con una intensidad menor.

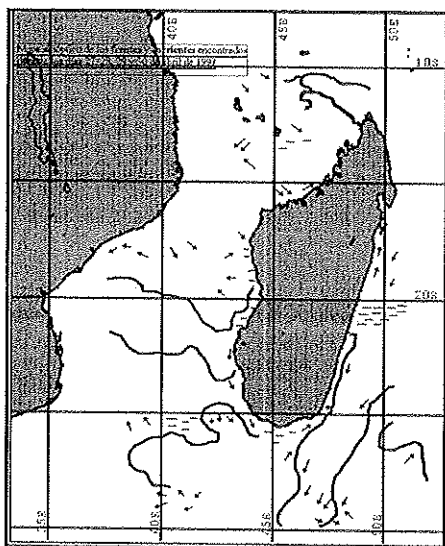


Fig. 6a. Mapa conjunto de velocidades estimadas y frentes encontrados durante los cuatro últimos días del mes de abril.

El frente situado más al suroeste, y que está presente en ambos mapas sinópticos presenta una temperatura media de 24.5 grados en su cara sur y de 26 en la norte, y persiste hasta la actualidad (5 de junio)

Las zonas marcadas con rayas horizontales representan zonas de velocidad prácticamente cero y coherentes en todos los pares de imágenes procesados.

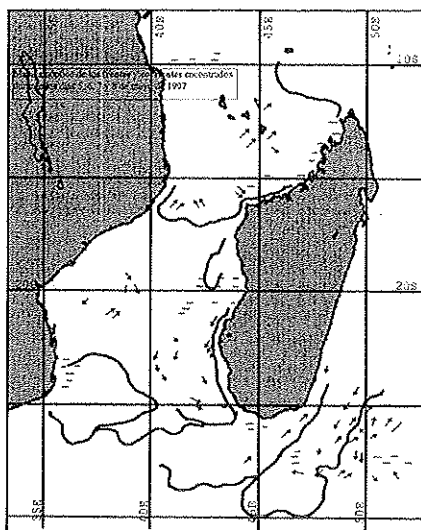


Fig. 6b. Mapa conjunto de velocidades estimadas y frentes encontrados durante los días 5,6,7 y 9 del mes de mayo.

## BIBLIOGRAFÍA

Cotos J. M., Tobar A., Hernández C., Arias J., 1993. "MSED. Una alternativa a la detección de bordes. Una aplicación práctica: extracción de isotermas marinas". Revista de Teledetección, Nº 1. pp. 9-13.

Cotos J. M., Arias J., Tobar A., 1993bis. Detection and analysis of oceanic thermal structures using NOAA data". Optica Applicata, Vol. XXIII, Nº 4, pp.255,256.

Cutler A., Swallow J. 1984. "Surface currents of the Indian Ocean (25S , 100E)." Compiled from historical data archived by the Meteorological Office, Bracknell, UK Institute of Oceanographic Sciences, Rept. Nº 187.

Fioux M., Kartavtseff, A. 1985. "Campagne SINODE à bord du MARION DUFRESNE". Vol. I. Routines 1980-1983. Publ. Mission Rech. Terres. Aust. Antart. Fr., (85-02). 126 pp

US Office fo the Chief of Naval Operations, 1957. "United States marine climatic atlas of the world". Volumen 3. Washington D.C.