

CIRCULACIÓN SUPERFICIAL EN EL MAR BALEAR DURANTE EL INVIERNO A PARTIR DE IMÁGENES NOAA-AVHRR

M.J. LOPEZ¹, C. MILLOT² Y J. FONT³

¹ Departament de Geografia, Universitat de València, Valencia.

² Centre d'Océanologie de Marseille, La Seyne sur Mer, France.

³ Institut Ciències del Mar, C.S.I.C. Barcelona.

RESUMEN

A partir del análisis de imágenes térmicas del satélite NOAA, este trabajo describe los principales elementos que caracterizan la circulación superficial en el Mar Balear durante el período de otoño-invierno. Estos elementos son: la corriente Liguro-provenzal-catalana al norte de la cuenca, la extensión de las aguas de influencia atlántica desde la cuenca argelina a través de los canales baleares, el frente balear y las aguas continentales del Ebro.

ABSTRACT

From the analysis of series of NOAA satellite thermal images, this study describes the main characteristics of the circulation in the Balear Sea, during the period autumn-winter. These characteristics are: the Liguro-Provenzal-Catalan current at the north of the basin, the intrusion of Atlantic Modified Water from the Algerian Basin to the Balearic Basin through the Balearic Channels, the Balearic Front, and the continental waters from Ebro river.

1. INTRODUCCIÓN

Se denomina cuenca balear a la región del Mediterráneo occidental comprendida entre la cuenca liguro-provenzal al norte y la cuenca argelina al sur. Su característica más peculiar es la presencia del arco topográfico formado por las islas Baleares que, con tres pasillos de 100 m (Canal de Menorca), 600 m (Canal de Mallorca) y 800 m de profundidad máxima (Canal de Ibiza) comunica la cuenca argelina con el norte de la cuenca mediterránea. Este arco, junto con la plataforma continental del Golfo de Valencia marca el límite sur del Mediterráneo noroccidental, región dominada por una corriente intensa y relativamente estable. Sin embargo, al sureste, en la cuenca argelina, la circulación está dominada por los movimientos de mesoescala originados por la corriente argelina (Millot, 1987). En consecuencia, en el Mar Balear la circulación superficial refleja la influencia de dos tipos de régimen distintos: la interacción entre una corriente del norte debilitada y la irrupción de pequeños torbellinos a través de los canales baleares.

En la cuenca balear pueden distinguirse tres tipos de agua fundamentalmente: en superficie (hasta 100-200) la denominada "Agua Atlántica Modificada" (MAW) resultado del flujo superficial de agua atlántica entrante por Gibraltar que, ocupando la cuenca de Alborán y Argelina, se desplaza alrededor del Mediterráneo occidental; por debajo, hasta alrededor de los 600 m, se sitúa el "Agua Levantina Intermedia" (LIW), procedente de la cuenca mediterránea oriental; el agua intermedia se mezcla parcialmente con el MAW y, en el norte de la cuenca, da lugar a la formación durante el in-

vierno del "Agua Profunda Mediterránea" (MDW) que ocupa las capas más profundas de la cuenca.

La circulación del agua superficial (MAW) en el Mediterráneo noroccidental parece estar inducida por las intensas fuerzas termohalinas que se desencadenan durante el invierno en esta zona (PRIMO, 1989, 1991, Astraldi et al., 1990, Madec et al., 1991). El esquema de circulación hasta ahora conocido (Figura 1) se caracteriza por la presencia de una corriente permanente que fluye a lo largo del talud continental desde el Golfo de Génova hasta el Golfo de Valencia, rodeando la región de formación de agua profunda (MDW), y que se ha denominado Liguro-provenzo-catalana o corriente del norte (Millot, 1991). Sus características en el Golfo de Valencia han sido documentadas por Font et al. (1988) y Castellón et al. (1990), en particular, la posible escisión o variabilidad de la corriente en dos ramas, una que continúa hacia el sur a través del canal de Ibiza y otra que gira hacia el NE a lo largo del talud balear y que se conoce como corriente Balear. Otros trabajos (Font et al., 1988; La Violette et al., 1990) completan esta descripción estableciendo la presencia de dos frentes permanentes, el frente catalán y el frente balear. El frente catalán es un frente de talud, de salinidad fundamentalmente, que se localiza en el borde exterior de la corriente septentrional. El frente balear se ha descrito como un frente con una fuerte componente térmica, localizado siguiendo la plataforma continental nordbalear y cuya presencia está asociada a la corriente balear nororiental. Se ha reconocido la existencia de flujos de entrada de agua atlántica a la cuenca balear a través de los canales baleares.

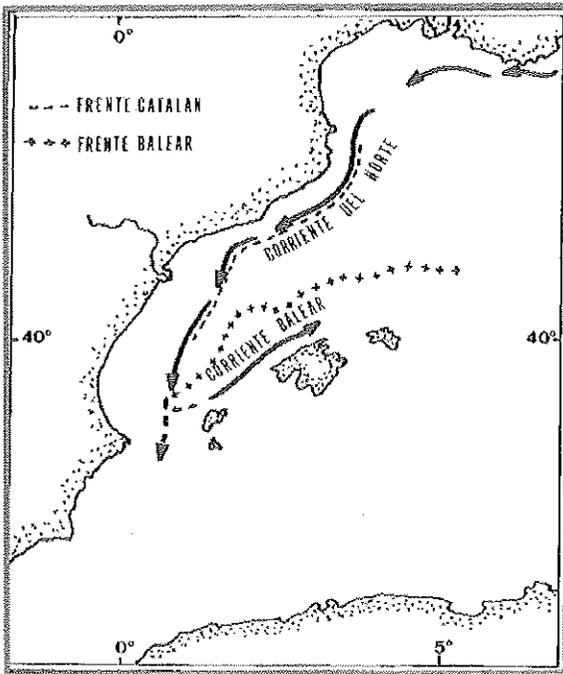


Figura 1.- Esquema de la circulación superficial en el Mar Balear.

Si bien han sido frecuentes las campañas hidrológicas realizadas en el mar Catalán durante los últimos años, los datos existentes en la región del golfo de Valencia y en torno a Baleares son más bien escasos. Es ésta un área de gran interés para la comprensión del esquema de circulación en el Mediterráneo occidental, pues es aquí donde la circulación ciclónica del agua atlántica completa su ciclo (Millot, 1987). Sin embargo, quedan todavía cuestiones de sumo interés tales como las relaciones existentes entre los diversos frentes y corrientes, la variabilidad espacial y temporal del frente balear, y la extensión de las aguas de influencia atlántica desde la cuenca argelina hacia el mar Balear, que no han sido claramente resueltas.

En el marco del proyecto PRIMO (Programme de Recherche Internationale en Méditerranée Occidentale), el objetivo de este trabajo es contribuir a la descripción de la circulación superficial en el mar Balear basándonos en el análisis de series de imágenes térmicas. El estudio se circunscribe al período otoño-invierno por ser cuando se producen los principales cambios en las fuerzas termohalinas y en la circulación. Este trabajo confirma varias de las observaciones previamente descritas, aporta nuevos elementos de análisis y propone nuevas perspectivas de interpretación de la hidrodinámica del conjunto de la cuenca.

2. ANÁLISIS DE LAS IMÁGENES TÉRMICAS

Las imágenes utilizadas proceden del sensor Advanced Very

High Resolution Radiometer (AVHRR) situado a bordo de los satélites de la serie NOAA. Son satélites heliosíncronos, situados a una altitud de aproximadamente 850 Km, y su funcionamiento consiste en dos satélites que operan en órbitas casi-polares complementarias, de forma que una de ellas cruza el ecuador aproximadamente a las 07,30 y 19,30 horas TMG, y el otro a las 02,30 y 14,30. De este modo proporcionan cuatro imágenes diarias de la misma zona. El actual AVHRR registra la radiación en cuatro o cinco bandas espectrales, y sus canales térmicos están centrados en 3,7, 11,0 y 12,0 μm , con una resolución radiométrica de 0,12 K a 300 K. Con un ángulo de visión de 110,8°, el radiómetro abarca una franja de barrido de 3000 Km, siendo la resolución espacial del sensor de 1,1 x 1,1 Km² al nadir, si bien debido al ángulo de observación y a la curvatura terrestre se alcanzan 2,5 x 7 Km² en los extremos de la imagen (Fusco y Muirhead, 1987). Debido a su resolución temporal, espacial y radiométrica, el sensor AVHRR es en la actualidad el más adecuado para la determinación de la temperatura superficial del mar, así como para el estudio de la circulación superficial y los frentes térmicos tanto a escala global como regional.

Para la obtención de los valores de temperatura absolutos, los datos del satélite deben someterse a dos tipos de corrección: la corrección del efecto de la emisividad y, lo que es más importante, de los efectos causados por la atenuación atmosférica. La corrección atmosférica se realiza mediante la técnica denominada multi o bicanal (Multichannel o Split-Window) (Deschamps y Phulpin, 1980; MacClain et al., 1985) con la cual se obtiene la temperatura superficial del mar con un margen de error de menos de 1°C (Robinson et al., 1984). Sin embargo, nuestro trabajo no requiere la obtención de valores de temperatura absoluta, ya que los mapas de temperatura relativa son suficientes para la observación de las estructuras térmicas marinas. Así, se han elaborado mapas de temperatura relativa con intervalos de 0,2°C a partir únicamente de la banda 4 (10,3-11,3 μm) del AVHRR. El uso de imágenes no corregidas del efecto atmosférico puede reducir ligeramente los gradientes de temperatura (ver Caselles et al., en este volumen), sin embargo, el tiempo de cálculo empleado en la aplicación de los algoritmos de corrección, principalmente en estudios que requieren el procesado de un gran número de imágenes, desaconsejó su aplicación.

Se han procesado aproximadamente 35 imágenes, de los satélites NOAA 6, 7, 8, 9 y 11, correspondientes al período otoño-invierno de los años 1981-88 con objeto de describir las estructuras térmicas que se observan de forma recurrente. Las imágenes procesadas en el Centre d'Océanologie de Marseille se rectificaron geométricamente sobre una proyección Mercator para lograr la superposición entre sí. Posteriormente los valores de temperatura del mar se realzan mediante una función lineal que utiliza una escala de color con intervalos de 0,2°C (a las temperaturas más altas se le asignan colores cálidos y colores fríos a las más bajas). Además, también se utilizaron otras imágenes ya procesadas en el Centre de Météorologie Spatiale de Lannion para comple-

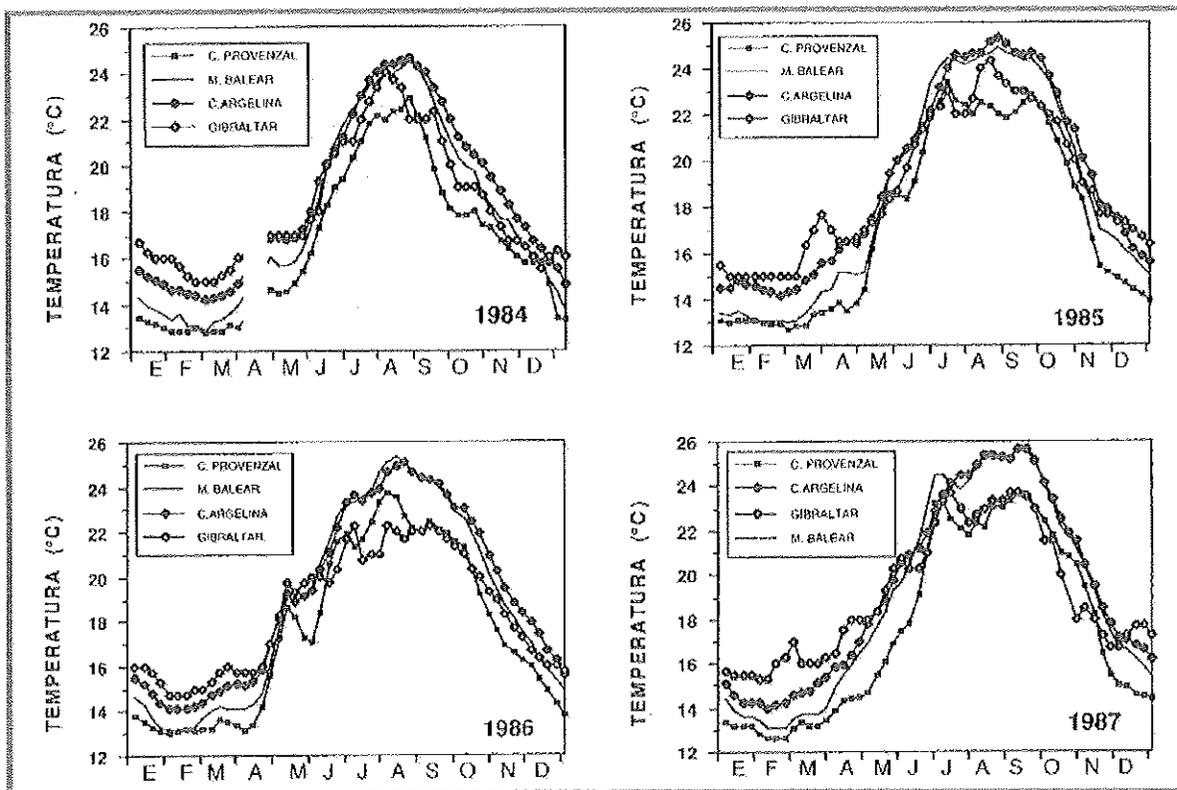


Figura 2.- Curvas de evolución térmica anual obtenidos en la cuenca provenzal, Mar Balear, cuenca argelina y en el estrecho de Gibraltar (López García, 1991).

tar la serie de imágenes disponibles en nuestro archivo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde el punto de vista térmico, el Mediterráneo occidental presenta unas claras diferencias regionales que se unen a las propias variaciones estacionales. El análisis estadístico de una serie de cuatro años (1984-87) de mapas semanales de temperatura superficial obtenidos a partir de datos de satélite (Satmer, 1984-87) subraya la importancia de estas variaciones regionales (López García, 1991) (Figura 2). La curva de evolución térmica anual correspondiente a la cuenca provenzal mostró los valores más bajos de toda el área estudiada; la cuenca argelina y balear registraron los valores más altos en el verano; en Alborán, sometida al flujo de entrada casi constante de aguas atlánticas, se observó la menor amplitud térmica anual, con temperaturas comparativamente altas en invierno y valores bajos, próximos a los observados en la cuenca provenzal, en verano; el mar Balear, por el contrario presentó la máxima amplitud térmica, registrándose valores térmicos bajos en invierno, similares a los observados en la cuenca provenzal, y valores altos en verano, del orden de los registrados en la cuenca argelina.

Podemos decir que el mar Balear es una zona sometida a

la doble influencia de las aguas de influencia atlántica relativamente frías y cálidas procedentes de las cuencas septentrional y meridional respectivamente. La imagen 1 correspondiente al 3 de febrero de 1990, ejemplifica excepcionalmente la distribución térmica superficial observada en el Mediterráneo occidental durante el invierno, así como las principales características de la circulación que se comentan a lo largo de esta sección. La mayoría de las características de la circulación en el mar Balear están relacionados con dos tipos de intercambio: 1) la entrada episódica de agua procedente de la cuenca argelina a través de los canales balears y, 2) el flujo casi permanente de la corriente Liguro-provenzal-catalana en el norte de la cuenca.

a) El agua atlántica modificada procedente de la cuenca argelina.

El agua atlántica que penetra en el Mediterráneo a través de Gibraltar es relativamente cálida y fácilmente reconocible en las termografías. Esta agua, denominada agua atlántica modificada (MAW) fluye hacia la cuenca argelina vía el flujo Almería-Orán (Tintoré et al., 1988). Aquí, la corriente se desestabiliza y la circulación se caracteriza por la presencia de torbellinos anticiclónicos de mesoescala que crecen y se de-

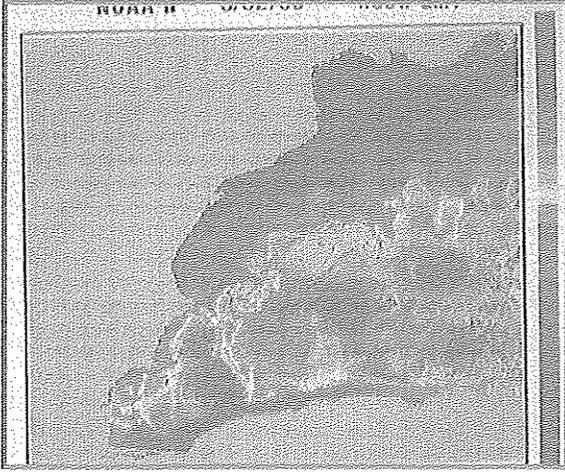


Imagen 1.- Véase Anexo de color.

sarrollan en la cuenca a medida que regresan hacia el este (Millot, 1985). Estos movimientos provocan a menudo el desplazamiento de MAW desde la cuenca argelina hacia las Baleares. En la serie de imágenes analizadas se ha observado repetidamente la extensión de las aguas cálidas de influencia atlántica hacia la cuenca balear a través de los canales baleares. El modelo de circulación y la extensión de estas aguas hacia el norte varía de año en año, pero los rasgos más recurrentes se resumen:

- a) Un flujo de aguas cálidas atraviesa repetidamente el canal de Mallorca, principalmente junto al lado occidental de la isla. Este flujo se observó claramente en el invierno de 1982-83 (Imágenes 2 y 3), en octubre de 1984 y en el invierno de 1986-87. En ocasiones, este flujo forma un torbellino anticiclónico localizado al norte de Mallorca, como se observa en la imagen del 13.12.86 (Imagen 4), cuyo origen parece deberse a la interacción del flujo con la corriente balear. La presencia de este torbellino fue también registrada mediante boyas errantes en el verano de 1986 (Millot, 1991).
- b) La presencia de aguas de influencia atlántica sobre la plataforma continental del Golfo de Valencia a donde acceden a través del Canal de Ibiza. Dos patrones diferentes de circulación se han caracterizado. En ocasiones, se forma un giro anticiclónico, tal como se observó en los inviernos de 1982-83 (Imágenes 2 y 3), 1986-87 (Imagen 4) y en 1988. La existencia de estos giros anticiclónicos se confirma también con datos registrados in situ (Castellón et al., 1990) en la primavera de 1989. Si bien el modelo de circulación anticiclónico es el más frecuentemente observado, también se ha detectado, en el otoño de 1984 (Imagen 5), un giro ciclónico en esta área.

El origen de la extensión de MAW a través de los pasillos intrabaleares parece deberse a la diferente naturaleza de las aguas que ocupan la cuenca argelina y la cuenca liguro-provenzal. En la cuenca argelina encontramos una agua atlánti-

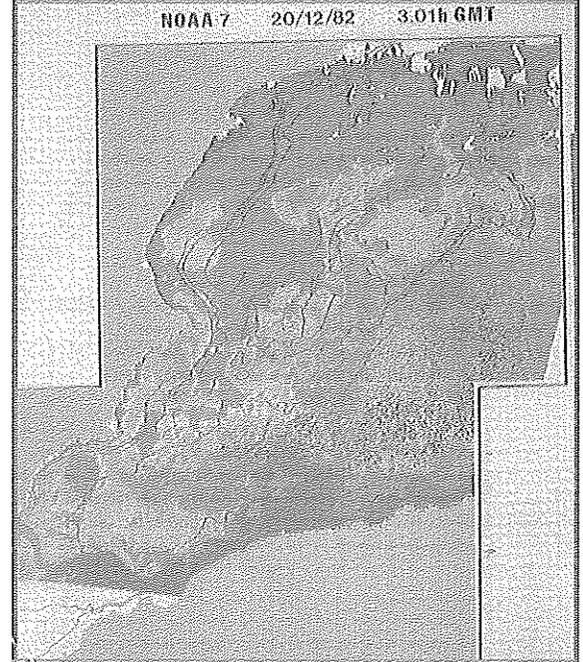


Imagen 2.- Véase Anexo de color.

ca reciente y ligera, mientras que la ocupa la cuenca liguro-provenzal es un agua más vieja y densa. El Mar Balear se sitúa en la región donde se presentan las máximas diferencias. Existe, pues, una tendencia natural a que el agua reciente atraviese la barrera topográfica del archipiélago balear y fluya sobre las aguas septentrionales más densas.

b) La corriente Liguro-provenzal-catalana o corriente del norte.

La presencia de la corriente Liguro-provenzal en el mar Catalán fue reconocida por Font (1987) y Font et al. (1988) quienes la describen como una corriente bien definida que fluye hacia el suroeste a lo largo del talud continental con una velocidad media de 20 cm/s en invierno. Estudios más recientes (Castellón et al., 1990) confirman la entrada de esta corriente en el Golfo de Valencia, si bien más al sur la pauta que sigue el flujo es menos conocida. Parece ser que una rama de la corriente continúa a través del Canal de Ibiza, mientras que otra rama o derivación episódica se desvía hacia el noreste y pasa a alimentar a la corriente balear que sigue el borde septentrional de la plataforma insular.

Durante los meses de septiembre a diciembre, dependiendo de los años, la corriente Liguro-provenzal-catalana se hace visible en el Mar Catalán en las imágenes térmicas debido al contraste térmico producido entre la pluma de agua fría procedente del Golfo de León que queda atrapada por la corriente y las aguas más cálidas que rodean a la corriente por el sur. Durante el verano, probablemente este flujo discurría también a lo largo del talud continental (como describen

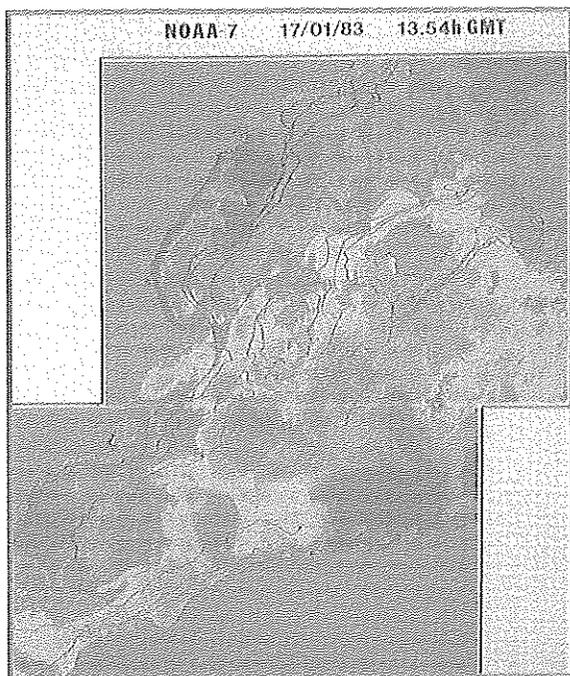


Imagen 3.- Véase Anexo de color.

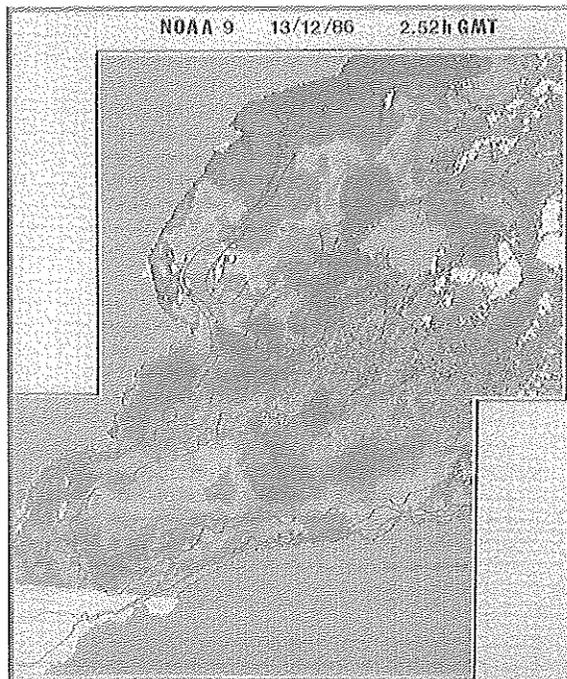


Imagen 4.- Véase Anexo de color.

otros autores) pero no era visible en las termografías debido al intenso calentamiento estival de las aguas superficiales. La corriente, tal como puede verse en la imagen de 20 de diciembre de 1985 (Imagen 6) circula pegada al talud continental hasta el Canal de Ibiza, e incluso se ha observado en algunas imágenes como atraviesa dicho canal.

En ocasiones, a finales del invierno principalmente, la plataforma continental del Golfo de Valencia se encuentra ocupada por aguas comparativamente frías. La imagen de 3 de febrero de 1990 (Imagen 1) es un ejemplo de esta situación invernal que se produce como consecuencia del enfriamiento general invernal asociado con la extensión de la corriente Líguro-provenzal-balear sobre la plataforma continental. La penetración de la corriente sobre la plataforma en la entrada del Golfo de Valencia, se observó también con datos hidrográficos y registros de correntímetros (Font et al., 1990; Navarro, 1990).

c) La formación del frente balear.

La extensión de MAW desde la cuenca argelina al mar Balear a través de los canales baleares, descrita en el apartado a), quedan claramente delimitadas por la existencia de un gradiente térmico débil, aunque significativo ($0,5-1^{\circ}\text{C}/\text{Km}$). Este gradiente va asociado a una estructura frontal compleja que ha sido definida a partir de datos hidrográficos por Font et al. (1988) y denominada frente balear: una estructura permanente asociada a un flujo nororiental al norte del archipiélago balear. Posteriormente, La Violette et al., (1990) amplían la definición del frente como una estructura ondulada que

no muestra indicios de advección o movimiento lateral en las imágenes de satélite.

La estructura frontal que separa las aguas de influencia atlántica ubicadas en la cuenca argelina, ligeras y recientes, de las aguas que ocupan el Mediterráneo noroccidental se conoce desde hace tiempo como el frente nordbalear (Millot, 1987). Este frente, repetidamente observado en las termografías, muestra desplazamientos estacionales: en verano se sitúa en su posición más septentrional (entre $41-42^{\circ}\text{N}$) (López García, 1991; Le Vourch, en prensa), pero durante el invierno se desplaza hacia el sur. El frente balear tal como se observa en las imágenes, una estructura térmica superficial (Figura 3) resulta ser la prolongación occidental del frente nordbalear, una única estructura sometida a variaciones estacionales y de mesoescala. Su formación parece ligada a las intrusiones de las aguas MAW más cálidas y ligeras procedentes de la cuenca argelina.

Aunque la existencia de movimientos laterales a lo largo del frente no puede deducirse de las imágenes, en algunos casos como en el invierno de 1986-87 es posible inferir desplazamientos latitudinales del frente los cuales parecen deberse a la advección de las aguas MAW desde la cuenca argelina.

d) Las aguas continentales: los aportes del Ebro.

En el mar Balear, el Ebro es la principal fuente de aguas continentales. Con un aporte medio de $700 \text{ m}^3/\text{s}$, esto es, $25 \text{ Km}^3/\text{año}$ (Margat, 1982), las descargas del Ebro repre-

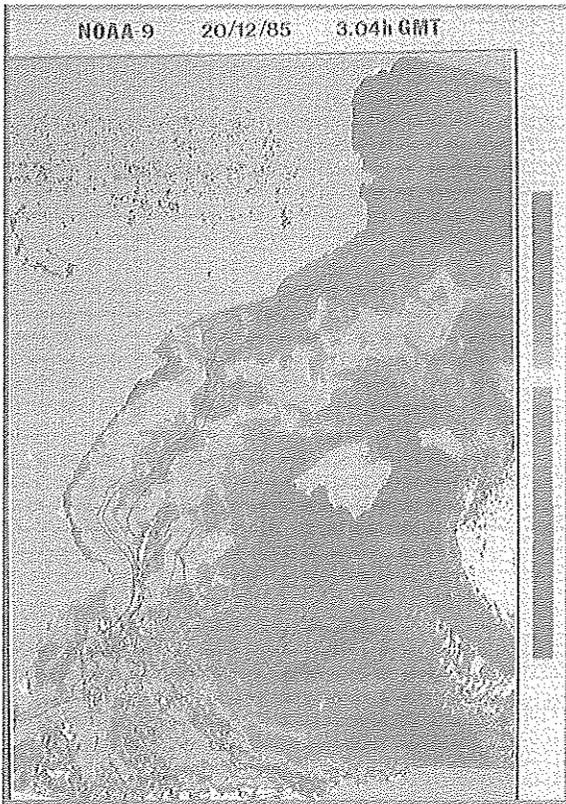


Imagen 5.- Véase Anexo de color.

sentan el 22% del total de los aportes fluviales registrados en el Mediterráneo occidental, al oeste de Cerdeña y Cerdeña. El régimen actual regulado del río presenta un máximo principal en invierno (de enero a marzo) y otro secundario en primavera. Los datos del período 1979-89 muestran una media mensual máxima en febrero con 480 m/s.

Las aguas continentales, dulces y con una temperatura inferior a las aguas marinas circundantes durante el invierno, se extienden en superficie siendo fácilmente reconocibles en las termografías. El conjunto de imágenes utilizadas en nuestro estudio proporciona importante información acerca de la variabilidad espacial y temporal de las descargas del Ebro. La extensión de sus aguas presenta dos pautas diferentes: 1) una pluma de agua fría que se extiende mar adentro desde la desembocadura y 2) una lengua de agua fría extendiéndose hacia el sur localizada junto a la costa.

En el primer caso, cuando el caudal del Ebro es relativamente importante, la extensión de agua puede alcanzar el borde de la plataforma continental y, en estas ocasiones (véase imagen de 17.1.83 Imagen 3), el flujo de agua se desvía hacia el sur como consecuencia de la corriente del norte que impide que las aguas continentales se desplacen mar adentro. En cuanto a la lengua de aguas frías que fluye junto a la costa, si bien se requieren estudios *in situ* que confir-

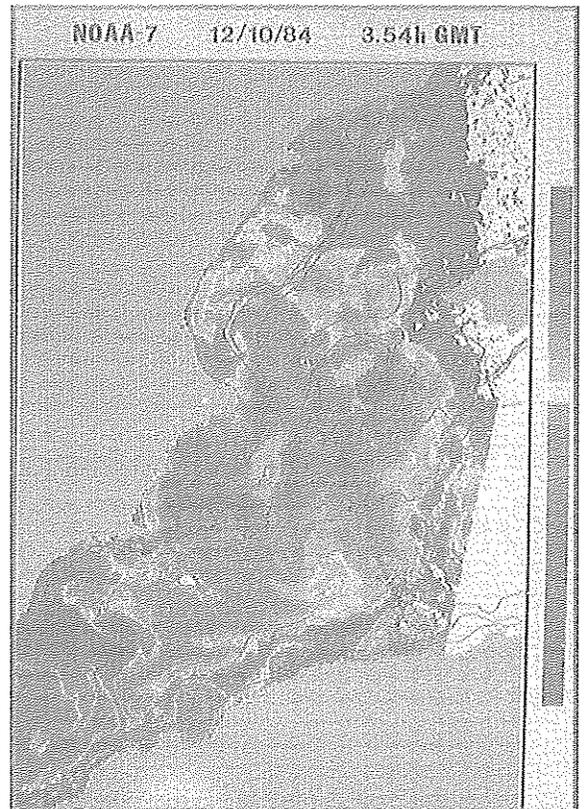


Imagen 6.- Véase Anexo de color.

men la procedencia de estas aguas, a nuestro entender se trata de las aguas del Ebro, quizá añadidas a otras descargas continentales -ya sea superficiales o subsuperficiales-, que se desplazan a lo largo de la costa del Golfo de Valencia y llegan a alcanzar hasta el Cabo de la Nau [Véase imágenes del 20.12.82 (Imagen 2), 17.1.83 (Imagen 3) y 20.12.85 (Imagen 4)].

4. CONCLUSIONES

El Mar Balear es una región intermedia que queda abierta hacia la cuenca liguero-provenzal, región de formación de agua fría y densa en invierno, y comunicada a través de los canales baleares con la cuenca argelina, región ocupada por aguas de influencia atlántica relativamente cálidas y ligeras. Existe una tendencia natural a que las aguas situadas en la cuenca argelina se desplacen hacia el norte sobre las aguas más densas. Se producen flujos de entrada en el Canal de Mallorca, principalmente por el lado oeste de la isla formándose un giro anticiclónico al norte, y por el Canal de Ibiza donde se han observado la formación de giros tanto anticiclónicos como ciclónicos, probablemente influidos por la corriente del norte, las aguas del Ebro y las condiciones de viento reinante.

La extensión superficial de las aguas de influencia atlántica hacia el norte queda delimitada por una estructura térmica que en invierno coincide con el denominado frente balear, cuya naturaleza resulta ser idéntica a la del conocido frente nordbalear (Millot, 1987). Frente balear y nordbalear son, pues, una misma estructura quizá sometida a desplazamientos estacionales.

El norte de la cuenca balear se encuentra sometida a la influencia de la corriente liguro-provenzal-catalana, corriente permanente y bien definida cuyo movimiento está íntimamente ligado a la topografía. Esta corriente ha sido identificada claramente en las imágenes invernales y su extensión alcanza con frecuencia el Canal de Ibiza. Finalmente, dentro del esquema general de circulación, nuestras observaciones parecen indicar que las aguas del Ebro tienen un efecto importante en las aguas superficiales. A pesar de que no se disponen de datos in situ que confirmen las observaciones, una

lengua de agua fría, aparentemente del Ebro, se desplaza junto a la costa hasta la altura del Cabo de la Nao.

5. AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación es una versión preliminar de un trabajo realizado en el marco de los proyectos "EUROMODEL" MAST-0043-C y "MESOESCALA" MAR89-0550. Agradecemos la colaboración de la Conselleria de Educación de la Generalitat Valenciana que subvencionó la estancia de M.J. López en el Centre d'Océanologie de Marseille (Francia), así como las ayudas recibidas por parte del proyecto de cooperación CSIC-CNRS. Agradecemos igualmente a la Dra. Taupier-Letage por sus comentarios y orientaciones durante la estancia en dicho centro y al CETIS por la ayuda prestada en el procesado de los datos.

6. BIBLIOGRAFIA

- ✓ ASTRALDI, M.; GASPARINI, G.P. & MANZELLA, G.M.R. (1990): Temporal variability of currents in the eastern Ligurian Sea. *J. Geophys. Res.* 95, C2: 1515-1522.
- ✓ CASELLES, V. et al. (en este volumen) Algunas sugerencias sobre el uso del método Split-Window para determinar la temperatura superficial del mar. En *Teledetección y Medio Ambiente, IV Reunión Científica Asociación Española de Teledetección*, Sevilla, 13-15 Noviembre 1991.
- ✓ CASTELLON, A.; FONT, J. & GARCIA, E. (1990): The Liguro-Provenzal-Catalan current (NW Mediterranean) observed by Doppler profiling in the Balearic Sea, *Sci. Mar.* 54 (3): 269-276.
- ✓ DESCHAMPS, P.Y. & PHILIPPIN, T. (1980): Atmospheric correction of infrared measurements of sea surface temperature using channels at 3.5, 11 and 12 m, *Boundary-Layer Meteor.* 18: 131-143.
- ✓ FONT, J. (1987): The path of the Levantine Intermediate Water to the Alboran Sea, *Deep-Sea Research* 34 (10): 1745-1755.
- ✓ FONT, J.; SALAT, J. & TINTORÉ, J. (1988): Permanent features of the circulation in the Catalan Sea, *Oceanol. Acta* 5: 9: 51-57.
- ✓ FONT, J.; SALAT, J.; JULIA, A. (1990): Marine circulation along the Ebro continental margin, *Marine Geology*, 95: 165-177.
- ✓ FUSCO, L.; MUIRHEAD, K. (1987): AVHRR Data Services in Europe -The Earthnet Approach, *ESA Bull.* 49: 9-19.
- ✓ LA VIOLETTE, P.E.; TINTORÉ, J. & FONT, J. (1990): The surface circulation of the Balearic Sea, *J. Geophys. Res.* 95, C2: 1559-1568.
- ✓ LE VOURCH, J. et al. (en prensa) Atlas of the thermal fronts of the Mediterranean.
- ✓ LOPEZ GARCIA, M.J. (1991): *La temperatura del Mar Balear a partir de imágenes de satélite*. Departamento de Geografía, Universidad de Valencia, 158 pp.
- ✓ MADEC, G.; CHARTIER, M.; CREPON, M. (1991): The effect of thermohaline forcing variability on deep water formation in the western Mediterranean Sea: a high-resolution three-dimensional numerical study. *Dyn. of Atm. and Oce.* 15: 301-332.
- ✓ MARGAT, J. (1982): Les ressources en eau du bassin méditerranée, *Méditerranée* 2: 15-29.
- ✓ McCLAIN, E.P.; PICHEL, W.G. & WALTON, C.C. (1985): Comparative performance of AVHRR-based multichannel sea surface temperatures, *J. Geophys. Res.* 90, C6: 11587-11601.
- ✓ MILLOT, C. (1985): Some features of the Algerian Current, *J. Geophys. Res.* 90, C4: 7169-7176.
- ✓ MILLOT, C. (1987): Circulation in the Western Mediterranean Sea, *Oceanol. Acta* 10 (2): 143-149.
- ✓ MILLOT, C. (1991): Mesoscale and seasonal variabilities of the circulation in the western Mediterranean, *Dynam. of Atm. and Oce.* 15: 179-214.
- ✓ NAVARRO, R. (1990): Corrientes marinas en el borde de la plataforma continental del Ebro. Estación Casablanca 1987-89. *Dat. Inf. ICM* 25: 1-110.
- ✓ PRIMO (1989): Preparatory document on the development of PRIMO, an International Research Programme in the Western Mediterranean. *IOC/INF-772*, 29 pp.
- ✓ PRIMO (1991): Plan d'action du Programme de Recherche Internationale en Méditerranée Occidentale. *IOC/INF-853*, 10 pp.
- ✓ ROBINSON, I.S.; WELLS, N.C. & CHARNOCK, H. (1984): Review Article. The sea surface thermal boundary layer and its relevance to the measurement of sea surface temperature by airborne and spaceborne radiometers, *Int. J. Rem. Sens.* 5: 19-45.
- ✓ SATMER (1984-1987): *Bulletin mensuel de renseignements océanographiques obtenus a partir de mesures satellitaires météorologiques sur la Méditerranée et l'Atlantique Nord-Est*, Direction de la Météologie Spatial, Paris, France.
- ✓ TINTORÉ, J. et al. (1988): A Study of an Intense Density Front in the Eastern Alboran Sea: The Almeria-Oran Front, *J. Phys. Oceanogr.* 18 (10): 1384-1397.